


unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS BAURU
PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

ANTÔNIO FERNANDES NASCIMENTO JÚNIOR

**CONSTRUÇÃO DE ESTATUTOS DE CIÊNCIA PARA A BIOLOGIA
NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICO- FILOSÓFICA: UMA
ABORDAGEM ESTRUTURANTE PARA SEU ENSINO**

BAURU
2010

ANTÔNIO FERNANDES NASCIMENTO JÚNIOR

**CONSTRUÇÃO DE ESTATUTOS DE CIÊNCIA PARA A BIOLOGIA
NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICO- FILOSÓFICA: UMA
ABORDAGEM ESTRUTURANTE PARA SEU ENSINO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.

Orientador Profº Drº. Marcelo Carbone Carneiro

BAURU
2010

Nascimento Júnior, Antônio Fernandes.
Construção de Estatutos de Ciência para a Biologia
Numa Perspectiva Histórico-Filosófica: uma
Abordagem Estruturante para seu Ensino / Antônio
Fernandes Nascimento Júnior, 2010.
437 f.: il.

Orientador: Marcelo Carbone Carneiro

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2010

1.Documentos curriculares. 2.Ensino de Biologia.
3.Estatutos da Ciência. 4.História e Filosofia da
Biologia. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade
de Ciências. II. Título.

ANTÔNIO FERNANDES NASCIMENTO JÚNIOR

**CONSTRUÇÃO DE ESTATUTOS DE CIÊNCIA PARA A BIOLOGIA
NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICO- FILOSÓFICA: UMA
ABORDAGEM ESTRUTURANTE PARA SEU ENSINO**

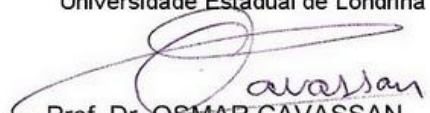
Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.
Data Aprovação: 30/07/2010


Orientador Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO
Universidade Estadual Paulista Campus Bauru


Profa. Dra. FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI
Universidade Estadual do Oeste do Paraná


Prof. Dr. JEHUD BORTOLOZZI
Universidade Estadual Paulista Campus Bauru


Prof. Dr. MARCOS RODRIGUES DA SILVA
Universidade Estadual de Londrina


Prof. Dr. OSMAR CAVASSAN
Universidade Estadual Paulista Campus Bauru

BAURU
2010

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ANTÔNIO FERNANDES NASCIMENTO JÚNIOR, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 30 dias do mês de julho do ano de 2010, às 14:00 horas, no(a) Sala 05 da Pós-Graduação, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO do(a) Departamento de Ciências Humanas / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Profa. Dra. FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI do(a) Departamento de Ciências Biológicas - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Prof. Dr. JEHUD BORTOLOZZI do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. MARCOS RODRIGUES DA SILVA do(a) Departamento de Filosofia / Universidade Estadual de Londrina, Prof. Dr. OSMAR CAVASSAN do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de ANTÔNIO FERNANDES NASCIMENTO JÚNIOR, intitulado "A CONSTRUÇÃO DE ESTATUTOS DE CIÊNCIA PARA A BIOLOGIA NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICO-FILOSÓFICA: UMA ABORDAGEM ESTRUTURANTE PARA SEU ENSINO.". Após a exposição, o discente foi argüido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. MARCELO CARBONE CARNEIRO


Profa. Dra. FERNANDA APARECIDA MEGLHIORATTI


Prof. Dr. JEHUD BORTOLOZZI


Prof. Dr. MARCOS RODRIGUES DA SILVA


Prof. Dr. OSMAR CAVASSAN

Dedico este trabalho ao meu filho Ícaro,
à minha companheira Daniele, aos
meus pais Edith e Antônio, ao meu
irmão e cunhada Arnaldo e Cecília, às
minhas sobrinhas Letícia e Fernanda e
ao meu sobrinho Luciano

AGRADECIMENTOS

Agradeço todos aqueles que me auxiliaram a contornar os meus delírios nestes últimos anos, a começar pela minha companheira Daniele. Sem ela não haveria tese, somente caricaturas de sombras rascunhadas.

O bom e velho camarada Marcelo Carbone Carneiro, grande orientador, sujeito paciente, um craque. Ajudou muito.

O camarada Roberto Nardi, grande amigo e mestre

Todos os camaradas professores do programa, sempre atenciosos e interessados

O velho Arnaldo, meu camarada mais antigo (meu irmão) , a Cecília, a Letícia, a Fernanda e o Luciano, inspirações para minhas escolhas presentes.

Os velhos camaradas, Rogério de Moraes e Silvia Mitiko Nishida com as ponderações sempre oportunas.

Dois camaradas que muito me ensinaram acerca do pensamento marxista, Luis Schenberg e, Hector Benoir.

Outro camarada fundamental, Alvino Moser, que muito me ensinou filosofia da ciência.

A camarada Marisa Ramos Barbieri que, durante minha estada no LEC iniciou, brilhantemente, minha preocupação com o ensino de ciências.

Os camaradas Warwick Kerr, Lionel Gonçalves, Paulo Vanzolini, Eduardo Corbela, Wilson Lodi, Fábio Sene, Valter Cunha, Hector Terenzi, Regina Savaia e Lélío Favaretto que me ensinaram a pensar biologicamente.

Os velhos camaradas José Roberto Gomes de Paula e Rafael Resendiz que me ensinaram a confiar na vida.

Os novos camaradas-vizinhos Mauricio e Márcia Quagliato, sempre prontos a ajudar.

Os camaradas mais novos: Fúlvia, Geisiele, Nataly, Regina, Diana, Camila, Fátima, Liz, Lilian, Pâmela, Talita, Raquel, Julyette, Jairo, Nairon, Wellington, Bento, Amadeu, Thiagos 1, 2 e 3, Hernani, Marcelo Q, Job, Moisés, Lucas, Leonardo, Sebastião, Marcos que me resgataram coisas a tempo perdidas.

As doces camaradas Ana Grijo, Toninha e Cia.

... e, luta, aqui vamos nós.

Nascimento Júnior, Antônio Fernandes. **Construção de Estatutos de Ciência para a Biologia numa Perspectiva Histórico-Filosófica**: Uma Abordagem Estruturante para seu Ensino. 2010. 437f. Tese (Doutorado em Educação Para Ciência), Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010.

RESUMO

A tese foi desenvolvida buscando identificar os elementos necessários para uma compreensão da visão biológica sobre a Natureza, numa perspectiva histórica e filosófica. Foi realizado um estudo teórico fundamentado no pensamento materialista dialético, visando identificar as principais questões que sustentam a Biologia, considerando a sua história de construção e o olhar da Filosofia da ciência sobre ela. Fez-se um levantamento documental principalmente nas fontes secundárias sobre a história e filosofia da biologia, também em algumas fontes primárias. Tendo realizada esta etapa, fez-se uma análise do conteúdo disciplinar dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), PCNEM+ e as Orientações Curriculares. O estudo foi direcionado por três questões: Quais são os elementos que caracterizam a Biologia como tal ao longo da sua construção? Como estes elementos se caracterizam e se articulam? Os documentos curriculares oficiais consideram estes elementos na sua formulação? Como resultado, é trazida a história das ideias sobre os seres vivos na Antiguidade à Idade Média, sendo possível identificar algumas das questões que a Biologia veio a se debruçar nos séculos seguintes. Em seguida, enfatiza-se a mudança ocorrida na visão de mundo na Idade Moderna que se opôs a Escolástica e suas implicações na organização da Ciência que culminou na Revolução Científica. O século XIX marca o surgimento da Biologia enquanto ciência. No início do século alguns ramos já se configuravam, porém ainda vinculados com a filosofia da Natureza. Constitui-se a partir daí um olhar específico sobre a natureza considerando-se três teorias principais: teoria celular, teoria do equilíbrio interno e a teoria da seleção natural e origens das espécies. Duas perspectivas centrais se estruturaram, uma Mecanicista e outra Histórica, as quais sustentaram áreas distintas. No século XX os ramos da Biologia contemporânea se delimitam: Fisiologia, Bioquímica, Biologia Celular, Farmacologia, Biologia Molecular, Genética, Evolução, Ecologia, Etologia e Biogeografia. Com isso a Biologia passa a ser identificada por cinco teorias: a teoria celular, a teoria do equilíbrio interno que é ampliada para a teoria da homeostase, a teoria da seleção natural e origem das espécies (cuja versão ampliada é a teoria sintética), a teoria da herança derivada da apropriação e aprofundamento das ideias de Mendel e a teoria dos ecossistemas e da paisagem derivada da experiência dos viajantes. O olhar da filosofia sobre a Biologia se apresenta em diversas vertentes, considerando a sua estrutura lógica, epistemológica, social e cultura. Este estudo resultou na construção de quatro estatutos que caracterizam a Biologia, os quais foram denominados de Estatuto Ontológico, Estatuto Epistemológico, Estatuto Histórico-Social e Estatuto Conceitual. Estes foram desdobrados em categorias, propondo-as para discussão da visão biológica, as quais foram utilizadas numa análise do conteúdo disciplinar dos documentos curriculares oficiais do ensino médio indicando fragilidades na visão de Biologia apresentada.

Palavras-chave: Documentos curriculares; Ensino de Biologia; Estatutos da Ciência; História e Filosofia da Biologia; Ideias estruturantes.

Nascimento Júnior, Antônio Fernandes. **Construction of Statutes of Science for Biology Historical and Philosophical Perspective: An Approach to Structuring their teaching.** 2010. 437f. Thesis (Ph.D. in Education for Science). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010.

ABSTRACT

The thesis was developed in order to identify the elements necessary for an understanding of biological vision about the nature, historical and philosophical perspective. We conducted a theoretical study based on dialectical materialist thought, to identify the key issues underpinning Biology, considering its history of construction and look at the philosophy of science about it. There was a documentary survey mainly on secondary sources on the history and philosophy of biology, also in some primary sources. Having performed this step, there was a review of disciplinary content of National Curriculum of Secondary Education (PCNEM) PCNEM + and Curriculum guidelines. The study walked directed by three questions: What are the elements that characterize the biology as such throughout its construction? How these elements are characterized and articulate? Documents of curriculum consider these elements in its formulation? As a result, it brought the history of ideas on living in antiquity to the Middle Ages, it is possible to identify some of the questions that biology came to look over the following centuries. Then, we seek to emphasize the change in worldview in the modern era who opposed scholasticism and its implications to the science that culminated in the Scientific Revolution. The nineteenth century marks the emergence of biology as a science. At the beginning of the century there were already some branches, but still tied to the philosophy of nature. It consists from there a specific look on nature by considering three main theories: cell theory, theory of internal equilibrium and the theory of natural selection and origin of species. Two central perspectives are structured, a Mechanistic and another Historic, which claimed distinct areas. In the twentieth century the branches of contemporary biology is bounding: Physiology, Biochemistry, Cell Biology, Pharmacology, Molecular Biology, Genetics, Evolution, Ecology, Ethology and Biogeography. With that biology becomes identified five theories: the cell theory, theory of internal balance that is extended to the theory of homeostasis, the theory of natural selection and the origin of species (the larger version is synthetic theory), the theory of inheritance derived from ownership and deepen the ideas of Mendel and the theory of ecosystems and landscapes derived from the experience of travelers. The look on the philosophy of biology is presented in various forms depending on its logical structure, epistemological, social and culture. This study resulted in the characterization of four statutes that characterize the biology, which were called Ontological Statute, Epistemological Statute, History-Social Statute and Conceptual Statute. The four statutes were broken down into categories and propose them for discussion of biological vision. These categories were used in an analysis of the disciplinary content of curriculum documents from school officials indicating weaknesses in the view of Biology provided.

Key-words: Curriculum Documents; Teaching of Biology; Statutes of Science; History and Philosophy of Biology; Structuring Ideas

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

| | |
|--|-----|
| FIGURA 1 – Síntese esquemática dos estatutos e suas categorias propostas | 382 |
| QUADRO 1 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos ontológicos da Biologia | 418 |
| QUADRO 2 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos epistemológicos da Biologia | 421 |
| QUADRO 3 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos histórico-sociais da Biologia | 423 |
| QUADRO 4 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos conceituais da Biologia | 426 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| O CAMINHO AO OBJETO DE PESQUISA..... | 13 |
| 1. CAPÍTULO I – O OLHAR SOBRE OS SERES VIVOS DA ANTIGUIDADE À IDADE MÉDIA..... | 28 |
| 2. CAPÍTULO II - O OLHAR SOBRE OS SERES VIVOS – DO SÉCULO XVI AO SÉCULO XVIII..... | 81 |
| 3. CAPÍTULO III – A BIOLOGIA E AS FILOSOFIAS DA CIÊNCIA NO SÉCULO XIX..... | 123 |
| 4. CAPÍTULO IV – O SÉCULO XX: AS ÁREAS ESTRUTURANTES DA BIOLOGIA..... | 187 |
| 5. CAPÍTULO V - A EPISTEMOLOGIA DO SÉCULO XX E SUA APROXIMAÇÃO À BIOLOGIA..... | 322 |
| 6. CAPÍTULO VI – O CONHECIMENTO BIOLÓGICO NOS DOCUMENTOS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO..... | 395 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 432 |

ÍNDICE

| | |
|---|------------|
| O CAMINHO AO OBJETO DE PESQUISA..... | 13 |
| AS QUESTÕES DE PESQUISA: SÍNTESE DE UM CONSTANTE RECONSTRUIR..... | 22 |
| A ORGANIZAÇÃO DA TESE..... | 24 |
| | |
| 1. CAPÍTULO I – O OLHAR SOBRE OS SERES VIVOS DA ANTIGUIDADE À IDADE MÉDIA..... | 28 |
| 1.1 UM POUCO DA HISTÓRIA ANTIGA..... | 29 |
| 1.1.1 O MUNDO GREGO E O MUNDO ROMANO..... | 31 |
| 1.1.2 O ESTUDO DOS SERES VIVOS NA ANTIGUIDADE..... | 46 |
| 1.2 O CONTEXTO DA IDADE MÉDIA..... | 52 |
| 1.2.1 A PRIMEIRA FASE, SÉCULOS V AO XII..... | 53 |
| 1.2.1.1 O mundo árabe..... | 54 |
| 1.2.1.2 Estudos sobre o corpo humano..... | 58 |
| 1.2.1.3 Estudos sobre animais e plantas..... | 58 |
| 1.2.1.4 Turcos, cruzados e mongóis..... | 60 |
| 1.2.2 A SEGUNDA FASE - SÉCULO XIII E XIV..... | 62 |
| 1.2.2.1 Estudos sobre o corpo humano..... | 64 |
| 1.2.2.2 Estudos sobre animais e plantas..... | 65 |
| 1.2.3 O SÉCULO XV..... | 65 |
| 1.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO..... | 70 |
| 1.4 REFERÊNCIAS..... | 73 |
| | |
| 2. CAPÍTULO II - O OLHAR SOBRE OS SERES VIVOS – DO SÉCULO XVI AO SÉCULO XVIII..... | 81 |
| 2.1 O CENÁRIO HISTÓRICO DA ÉPOCA..... | 81 |
| 2.2 AS VISÕES DE MUNDO DA MODERNIDADE E SEUS MÉTODOS..... | 83 |
| 2.3 SOCIEDADES E ACADEMIAS CIENTÍFICAS..... | 96 |
| 2.4 A QUESTÃO DA TRANSFORMAÇÃO DOS SERES VIVOS..... | 99 |
| 2.5 A VIDA ENTENDIDA EM SALAS DE PESQUISA, O LABORATÓRIO..... | 103 |
| 2.5.1 A QUESTÃO DA ESTRUTURA E FUNÇÃO..... | 104 |
| 2.5.2 A QUESTÃO DA HERANÇA – PRÉFORMISMO E EPIGÊNESE..... | 111 |
| 2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO..... | 114 |
| 2.7 REFERÊNCIAS..... | 116 |
| | |
| 3. CAPÍTULO III – A BIOLOGIA E AS FILOSOFIAS DA CIÊNCIA NO SÉCULO XIX..... | 123 |
| 3.1 O CONTEXTO HISTÓRICO DO SÉCULO XIX..... | 124 |

| | |
|--|------------|
| 3.2 A VISÃO DA NATUREZA..... | 125 |
| 3.3 A PREOCUPAÇÃO DOS FILÓSOFOS NATURALISTAS SOBRE A ORIGEM E TRANSFORMAÇÃO DOS SERES VIVOS..... | 129 |
| 3.4 OS PESQUISADORES VIAJANTES..... | 136 |
| 3.5 O APRIMORAMENTO DAS PESQUISAS EXPERIMENTAIS..... | 141 |
| 3.5.1 A QUESTÃO DA ESTRUTURA E FUNÇÃO..... | 142 |
| 3.5.2 A QUESTÃO DO DESENVOLVIMENTO E DA HERANÇA..... | 148 |
| 3.6 O OLHAR DO CIENTISTA DO FINAL DO SÉCULO XIX..... | 154 |
| 3.7 A FILOSOFIA DA CIÊNCIA DO SÉCULO XIX..... | 157 |
| 3.7.1 A PREOCUPAÇÃO DOS EMPIRISTAS E POSITIVISTAS..... | 159 |
| 3.7.2 O PENSAMENTO MARXISTA..... | 167 |
| 3.7.3 Os NEOKANTIANOS..... | 174 |
| 3.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO..... | 175 |
| 3.9 REFERÊNCIAS..... | 178 |
| | |
| 4. CAPÍTULO IV – O SÉCULO XX: AS ÁREAS ESTRUTURANTES DA BIOLOGIA..... | 187 |
| 4.1 O CONTEXTO HISTÓRICO..... | 187 |
| 4.2 DO INÍCIO DO SÉCULO AO FINAL DA DÉCADA DE 1960..... | 188 |
| 4.2.1 UM POUCO DA HISTÓRIA DA FISIOLOGIA..... | 189 |
| 4.2.2 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOQUÍMICA..... | 195 |
| 4.2.3 A QUESTÃO DA ORIGEM DA VIDA..... | 200 |
| 4.2.4 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOLOGIA CELULAR..... | 201 |
| 4.2.5 UMA BREVE HISTÓRIA DA FARMACOLOGIA..... | 204 |
| 4.2.6 HISTÓRIA DA GENÉTICA E A QUESTÃO DA HERANÇA..... | 208 |
| 4.2.7 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOLOGIA MOLECULAR..... | 220 |
| 4.2.8 A TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO..... | 225 |
| 4.2.9 UMA BREVE HISTÓRIA DA ETOLOGIA..... | 235 |
| 4.2.10 O NASCIMENTO DA ECOLOGIA..... | 243 |
| 4.2.11 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOGEOGRAFIA..... | 247 |
| 4.3 AS TRÊS ÚLTIMAS DÉCADAS DO SÉCULO XX..... | 250 |
| 4.3.1 As CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS..... | 251 |
| 4.3.1.1 Os avanços da Biologia Molecular..... | 256 |
| 4.3.2 A QUESTÃO DA ORIGEM DA VIDA..... | 264 |
| 4.3.3 A TEORIA DA EVOLUÇÃO, A BIOLOGIA MOLECULAR E MODELOS MATEMÁTICOS MAIS REALISTAS..... | 266 |
| 4.3.4 A ECOLOGIA E OS MODELOS TAMBÉM MAIS DEMONSTRÁVEIS..... | 272 |
| 4.3.5 A BIOGEOGRAFIA CLADÍSTICA E A TEORIA UNIFICADA NEUTRA DA BIODIVERSIDADE.. | 276 |
| 4.3.6 A ETOLOGIA SE APRIMORA E SE ASSOCIA COM A ECOLOGIA, A DEMOGRAFIA E A NEUROFISIOLOGIA..... | 279 |
| 4.3.7 A SOCIOBIOLOGIA E O ESPAÇO PARA ESPECULAÇÃO..... | 283 |

| | |
|--|------------|
| 4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO..... | 291 |
| 4.5 REFERÊNCIAS..... | 293 |
| 5. CAPÍTULO V - A EPISTEMOLOGIA DO SÉCULO XX E SUA APROXIMAÇÃO À | |
| BIOLOGIA..... | 323 |
| 5.1 A FILOSOFIA DA BIOLOGIA..... | 323 |
| 5.2 A ELABORAÇÃO DO NEOEMPIRISMO..... | 326 |
| 5.3 A HERANÇA DO MATERIALISMO DIALÉTICO E AS CIÊNCIAS NATURAIS..... | 333 |
| 5.4 BACHELARD E A DIALÉTICA ENTRE O REALISMO E O RACIONALISMO: A ESCOLA | |
| EPISTEMOLÓGICA FRANCESA..... | 341 |
| 5.5 AS REVOLUÇÕES, OS PROGRAMAS, O ANARQUISMO, AS TRADIÇÕES NA | |
| CIÊNCIA E OS VALORES COGNITIVOS..... | 344 |
| 5.6 UM PROBLEMA NA BIOLOGIA DAS DÉCADAS DE 1960 E 1970..... | 351 |
| 5.7 AS TRÊS ÚLTIMAS DÉCADAS DO SÉCULO XX..... | 352 |
| 5.8 O MUNDO VISTO COMO UMA CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA..... | 359 |
| 5.9 A FILOSOFIA DA BIOLOGIA NAS TRÊS ÚLTIMAS DÉCADAS..... | 362 |
| 5.10 UMA DIALETIZAÇÃO ESPONTÂNEA DA CIÊNCIA?..... | 370 |
| 5.11 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES..... | 375 |
| 5.11.1 UMA REFLEXÃO HEURÍSTICA DA BIOLOGIA..... | 376 |
| 5.12 REFERÊNCIAS..... | 383 |
| 6. CAPÍTULO VI – O CONHECIMENTO BIOLÓGICO NOS DOCUMENTOS CURRICULARES | |
| NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO..... | 396 |
| 6.1 A BIOLOGIA NOS PCNEM..... | 400 |
| 6.2 A BIOLOGIA NOS PCNEM+ A PARTIR DOS TEMAS ESTRUTURADORES..... | 407 |
| 6.3 A BIOLOGIA NAS OCEM..... | 415 |
| 6.4 A BIOLOGIA NA SÍNTESE DOS TRÊS DOCUMENTOS E UMA CONTEXTUALIZAÇÃO | |
| HISTÓRICO-FILOSÓFICA..... | 417 |
| 6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO..... | 428 |
| 6.6 REFERÊNCIAS..... | 429 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 432 |

O CAMINHO AO OBJETO DE PESQUISA

O que sonham os animais quando, ao dormir, se movem, se agitam, andam e choram? Esta foi a pergunta que me levou à ciência. Antes talvez eu tenha sido encantado pela árvore que vivia na serra e tinha alma. Os versos de Augusto dos Anjos, vindos de meu pai, me apresentaram a alma das árvores. Tinha eu sete anos. Logo, em seguida procurei saber de onde vem a ideia. Como cabiam catedrais no coração da gente. Quem são os pais desses irmãos tão próximos, o beijo e o escarro. Porque os homens são filhos do carbono e do amoníaco.

Depois de conhecer o poeta que se tornava sombra e andava entre monstros procurando sua dor que chorava, aprendi, com Bilac a ouvir estrelas, com Gonçalves Dias a exaltar os bravos, com Castro Alves a me levantar contra o mal. Kipling ensinou-me que tanto o triunfo como a desgraça são impostores e Camões falou-me de algo obscuro o qual era melhor experimentar do que julgar.

De todos os céus por onde andei, o sertão de Martim Francisco com seus bugios, onças, curupiras, anhangas, formigas, gafanhotos e sonhos foi onde visitei por mais tempo. Depois fui viajar ao céu de Lobato, às florestas de Kipling, ao rio de Twain. Guerra Junqueiro mostrou-me a melancolia da luz e as verdades da natureza (à semelhança das verdades vindas das pedras mortas, de Augusto dos Anjos).

Andando assim pela natureza, guarnecido de fantasia, busquei por os pés no chão com Wendt. Isto, lá pelos doze anos. Ali, fui apresentado à Teoria da Evolução e os bichos falantes de Veríssimo, Anderson, Lobato, Grimm, Martim Francisco, Kipling começaram a viver no mundo real. Daí, para eu começar a me preocupar com os animais e seu mundo foi um passo.

Li e reli “A Procura de Adão” por uns quatro anos e, de lá, fiquei impressionado com a influência de Aristóteles em Lineu e com os hábitos do jovem Darwin de colecionar apenas insetos mortos. Foi uma grande descoberta, pois muito antes de conhecê-lo eu também não matava animais ao colecioná-los ou estudá-los.

Com esse livro, reconstruí (e, mais tarde, compreendi a necessidade de) o caminho percorrido pelos filósofos e naturalistas na construção da Teoria da Evolução. Percebi também (muito mais demoradamente, e com

bastante complemento futuro) que o processo evolutivo é a base do pensamento biológico moderno.

Por esse tempo passei a estudar e observar os hábitos dos animais. Estudá-los pelas enciclopédias Delta Larousse, Barsa, Trópico, Tesouro da Juventude e Lelo Universal e observá-los todas as quartas-feiras no Zoológico de São Paulo. Além disso, aprendi a girar no comboio de cordas do coração com Pessoa e a dar a volta por cima com Vanzolini e assim, conforme conselho de Kipling, equilibrar o pensar e o sonhar (com muito pouco sucesso). Muito mais tarde, conheci, pelo próprio Vanzolini e pelo Ab'Saber, a teoria dos Refúgios, junto às histórias do boto, de índios e caboclos.

Nunca, no entanto, deixei de viajar as terras do rei Café com a Anhangá e o bugio coleira Preta no barquinho de papel de Guilherme de Almeida. Nunca deixei de navegar no mar Egeu e a enfrentar harpias, quimeras e esfinges, acompanhado por Homero ou por algum gênio em seu tapete, procurando fadas no grande vazio.

A música na minha vida vinha por vários caminhos. Chopin bateu a minha porta muito cedo com minha mãe, que também gostava das valsas brasileiras. Já meu pai gostava dos tristíssimos sambas canção filhos do bolero e da bossa nova. Meus tios tocavam divinamente chorinhos e samba (Noel, Ari, Lamartine, Caymmi, Garoto). Não pude escolher nenhuma, fiquei com os seis estilos. E ao longo da vida incluí mais uns cinco.

Do cinema assisti todos os filmes do Oscarito, Grande Otelo, Ankito e Mazzaropi, do faroeste americano, da Disney, e todos épicos e filmes históricos. Aliás, esses filmes foram fundamentais para eu conhecer a história e literatura, pois, após assisti-los meus pais os explicavam e criticavam. Assim, lembro-me da sugestão de meu pai ao filme Teseu e o Minotauro, que me mandou ler “Deuses, Túmulos e Sábios” para tirar as dúvidas. E minha mãe falando do Cerco de Siracusa de Arquimedes e seus espelhos incendiários. Dos filmes que não podia assistir minha mãe os contava. Com tanta graça e entusiasmo que, quando mais tarde fui assisti-los, eram inferiores ao que ela contava. Assim foi o julgamento em Nuremberg, Psicose, o Morro dos Ventos Uivantes e Testemunha da acusação.

Mas histórias mesmo, histórias para valer, dessas que subjagam o espaço e tempo e o próprio Kant inveja e ignora. Dessas que explicam tudo, que

contém música, pintura, drama, cores e humilham até Wittgenstein. Dessas que só se explicam ao serem contadas. E nos lugares certos. E só Homero, Cervantes, Tchekhov, Machado de Assis e Graciliano são capazes de escrever. Essas histórias quem contava era o meu avô. Aventura, coragem, fantasia, meu avô só contava histórias de sua vida. E esse mundo encantado acolheu todos os meus outros mundos.

Aos quinze anos fui para o científico (no Colégio Santos Dumont de Ribeirão Preto) e não impressionei ninguém nem por minha dedicação ao estudo dos hábitos dos animais nem pelo meu amor à História e a Literatura. Nunca passei de um aluno médio. Gostava mesmo era de ler sobre os animais brasileiros e desenhar mapas, localizando-os em suas respectivas regiões (ainda tenho alguns). Aí, veio meu pai e contou-me tudo sobre animais. Grande desbravador de família típica de São Paulo, vivendo muito tempo na fazenda de seu avô, meu pai sabia tudo sobre animais. Parte de seu saber vinha da experiência, parte da fábula. Nenhum Ihering, ou Goeldi, ou Cabrera podiam comparar-lhe. Dele ganhei para cuidar, um sagui, duas capivaras, um carcará, um cachorro-do-mato, sabiás, pássaros-pretos e algumas dezenas de cachorros. Mas o seu maior presente neste campo foi seu encantamento com uma natureza a que ele sempre fez parte e dele fez parte a ponto dele procurar nela sempre o desafio e o entendimento.

Meu pai também era poeta e minha mãe, às vezes, escrevia crônicas. Foi ela que me ensinou que a democracia era dos deuses (de Rousseau), quando eu tinha uns onze anos.

Assim, ao chegar ao científico, vinha apaixonado pela arte e pela natureza (muito mais tarde assisti ao prof. Pavan dizer que o biólogo é meio músico; fiquei feliz). Também gostava de fazer poesia (mais tarde passei também a fazer música). De ler história antiga e medieval, lendas indígenas, mitologia grega e psicanálise. Conheci (através de meu pai) Will Durant e descobri Platão (Aristóteles eu já conhecia por Wendt). Interessaram-me também os festivais de música, o teatro oficina e de arena e o cinema novo. Ganhei prêmios de literatura e participei de feiras de ciências. Formei-me em 1970 aos dezoito anos.

Entre 1971 a 1974 fiz bacharelado em Biologia na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Barão de Mauá, de Ribeirão Preto. Dois professores me marcaram profundamente nessa época. Lélío Favaretto, por me ensinar a procurar

as relações da teoria biológica com os fenômenos naturais e Regina Savaia que me mostrou como aprender através da construção do conhecimento. Durante todo ano de 1973 fiz estágio no Museu de Zoologia da USP com o prof. Deoclécio de Queirós Guerra estudando ecologia e comportamento de morcegos. Assim, meu interesse por animais começou a tomar forma.

Também neste período iniciei minha carreira de professor ministrando aulas de física, química e biologia no colegial em 1972 na Sociedade de Ensino de Ribeirão Preto.

Participei ainda da organização das três primeiras semanas de estudo da faculdade (1972,1973,1974), fiz doze mini-cursos complementares ao meu currículo para compreender melhor a teoria biológica.

Em 1975 fui para o Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP. Fiquei dois anos com bolsa de Aperfeiçoamento do CNPq sob orientação do prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves. Em 1977, sob a mesma orientação, iniciei o mestrado com bolsa do CNPq o qual terminei em 1981. Imediatamente comecei o doutorado com bolsa da FAPESP que terminei em 1984 sob orientação do prof. Dr. Warwick Estevam Kerr. Comecei, portanto, a trabalhar com ecologia e comportamento de abelhas *Apis mellifera*.

Nestes dez anos foram muitas as influências na minha formação. No aspecto científico geral, além da orientação, o prof. Dr. Lionel ensinou-me importantes questões de política científica e o Dr. Kerr mostrou-me uma epistemologia da Biologia que mesclava racionalismo com o empirismo metodológico. O que tinha de extraordinário nesse pensamento era sua tentativa de síntese. Assim, ele mostrou-me o que é um pensador e eu pude entender que a diferença entre pensar e ser pensador, é que o primeiro está na partida e o segundo na chegada. Do Kerr pensador aprendi Evolução (junto com Celso Mourão) e histórias de índios, além de seu entusiasmo de maestro, regendo seus alunos em suas aulas.

Outro pensador que conheci foi Eduardo Corbela. Não era professor, era colega mais velho. Uruguaio, foi ele que me apresentou a conversa das feras, das aves, dos peixes com Lorenz. Apresentou-me também Neruda, Gabriela Mistral, Mário Benedette, Eduardo Galeano e a arte popular brasileira de Vitalino (pode?).

Um terceiro pensador e colega foi Luiz Carlos Schenberg. Marxista. Trotskista convicto foi, para mim, dos mais influentes. Mais tarde os professores Tarso Bonilla da UFRJ e Hector Benoir da UNICAMP completaram o serviço.

O quarto pensador foi o prof. Dr. Wilson Roberto Navega Lodi. Ele ensinou-me o valor da história da ciência no ensino. Com ele conheci alguns trabalhos originais da biologia e aprendi a compô-los para a (re)construção do conhecimento biológico.

O quinto pensador foi o prof. Dr. Fábio de Melo Sene, aprendi com ele a repensar a Evolução, a respeitar as diferenças e a refletir sobre o que parece óbvio (mas nunca o é). Com o prof. Dr. Fábio aprendi a discutir com respeito e a aceitar sem se submeter.

Outro extraordinário pensador que conheci foi o prof. Valter Hugo de Andrade Cunha, o introdutor da Etologia no Brasil. Ele conseguia enxergar no mundo das formigas o mundo dos homens sem ser determinista.

A aula tecnicamente mais fabulosa que eu já assisti foi ministrada pelo prof. Dr. Hector Terenzi. Enquanto falava, ele montava todo o material genético de um vírus em papelão, utilizando uma técnica pedagógica da educação infantil no meio acadêmico, com imenso sucesso. Nunca mais esqueci esta aula que viria a aplicá-la e modificá-la muitas vezes ao longo da minha vida de professor.

Já as aulas encantadas, destas que hipnotizam e você não quer que acabe. Estas eu conheci com o Dr. Kerr, o Dr. Vanzolini, o Dr. Ab'Saber e o Dr. Leite Lopes. Ouvi-los era como uma viagem. Nunca mais me esqueci a teoria de Loomis, a teoria dos Refúgios, as linhas de pedra e as viagens do tempo. Mais tarde aprendi, com Paulo Freire, que “ensinar é provocar emoções”. Muito mais tarde, li um trabalho de Rubem Alves no qual ele dizia que “ensinar era sonhar junto” (demorei a entender).

Neste tempo, participei de muitos congressos apresentando trabalhos (principalmente nas reuniões da SBPC) e de muitos cursos como palestrante de etologia, sociobiologia, ecologia comportamental e ecologia e comportamento de abelhas. O principal trabalho dessa época está publicado nos Anais do III Encontro Paulista de Ecologia, 1985.

Continuei escrevendo poemas e me engajei na luta contra a ditadura. Ajudei a fundar o Comitê Brasileiro de Anistia de Ribeirão Preto, fiz parte

da fundação do Cine Clube da USP, da direção da Associação dos Pós-graduandos e comecei a gostar de Bergman de Godard, de Lelouch, de Eisenstein, de Bunnell, Herzog, de Saura e de ópera. Conheci Garcia Marques, Lorca, Castaneda, Brecht, Fromm, Marcuse, Sartre. Continuei assistindo teatro e música. Fiz um curso de cinema, outro de música e arte, outro de pedagogia, outro ainda de taxonomia numérica. Particpei de um grupo de estudo sobre política de 76 a 84.

A mistura de arte, natureza, ciência e política deu forma à questão levantada por mim décadas antes. O que sonham os animais? Esta questão subjaz outra: que semelhança tem os sonhos dos animais com os sonhos humanos, considerando que humanos também são animais. Bem, há várias questões aí, talvez a mais abrangente seja: como se articula a questão da consciência humana dentro da sua condição animal, ou seja, como a consciência dialoga com o não consciente. E, como o não consciente humano se enxerga na natureza animal (expressão da não consciência da natureza). Filosoficamente a questão consiste em entender o que é consciência, que pode ser uma construção vinda da história ou determinada pela genética. E assim, qual é o papel da evolução do qual nem marxista, nem positivista abre mão?

De 1978 1986 ministrei cursos de Etologia na FFCLRP-USP, organizados pelo Centro Estudantil da Biologia, sempre juntando professores de áreas distintas que convergiam para este tema, terminando sempre numa reflexão sem final. Concluí, é claro, que precisava estudar mais.

De 1985 a 86 fui estagiar no laboratório de Ensino de Ciências da FFCLRP-USP com a prof^a. Dr^a. Marisa Ramos Barbieri, para aprender a ensinar ciências. Foi uma excelente experiência. Graças a prof^a Dr^a. Marisa concluí que estudar ciências e ensiná-la são atitudes indissolúveis. E uma atitude revolucionária era ensinar ciência para aumentar a consciência do indivíduo sobre o mundo e, portanto, fortalecer seu papel de cidadão.

Em 1982, num encontro casual com Mateus José Paranhos Rodrigues da Costa (hoje na UNESP de Jaboticabal) planejamos o I Encontro Paulista de Etologia. Depois, nós dois com a Silvia Mitiko Nishida (hoje na UNESP de Botucatu) planejamos o segundo. O terceiro fomos nós três mais o Werner Schimidek (da USP de Ribeirão Preto) estes encontros tornaram-se de âmbito nacional e até hoje acontecem.

Em 1993, num desses Encontros organizados por mim (na UNESP de Bauru) fundamos a Sociedade Brasileira de Etologia (SBEt), na qual fui vice-presidente por três mandatos seguidos. Em 2007, no 25º Encontro Anual de Etologia, todos estes fundadores foram homenageados por isso.

No final de 1985 fui trabalhar na Universidade de Uberaba. Lá fui Coordenador de Pesquisa e Pós-graduação e, não pude por isso fazer pesquisa empírica, mas continuei pensando no problema da consciência. Também organizei várias reuniões científicas locais e regionais (II Psicorpo, I Congresso de Ciências Sociais, I Simpósio de Etologia e Educação e I Congresso de Fisiologia do Triângulo Mineiro). Na graduação ensinei Etologia e Fisiologia. Na especialização em Biologia ensinei Fundamentos pedagógicos, Genética e Biogeografia.

Por essa época conheci outro pensador (dos maiores) – Alvaro Moser (da Universidade Federal do Paraná). Com ele aprendi a importância do estudo da história da filosofia. Aprendi também o caminho de Platão a Popper. Desse contato entendi que a questão da evolução da consciência não pode se separar da história e esta está contida na história da filosofia da natureza.

Fiquei pouco tempo na UNIUBE, assim que a instituição se tornou universidade, ela mudou sua política de pesquisa e eu fui demitido.

Nesta época fiz um curso de genética do comportamento e outro de pedagogia na área biomédica (ambos no nível de doutorado). Fiz ainda um curso de filosofia da ciência e participei de debates sobre os estatutos da biologia. O produto dessa atividade foi publicação na revista *Scripta* da Faculdade “Auxilium” de Filosofia Ciências e Letras de Lins em 2000. Organizei também um seminário de Filosofia da Ciência, promovido pela Associação dos Pós-graduandos da USP de Ribeirão Preto em 1987 e 1988. O produto dessa reflexão se expressa nas publicações de 1998, 2000, 2001 e 2003 na revista *Ciência e Educação* da UNESP de Bauru. Em 1988 e 1989 ministrei disciplinas de Metodologia científica, Ecologia e Educação ambiental na especialização em Ecologia na Universidade de Marília e na Universidade Estadual Centro Oeste do Paraná. Iniciei aí uma atividade de ação-observação que foi publicada em 1995 na revista *Ciência e Educação*. A questão consistia em romper com o ensino reducionista-tecnicista por meio de excursão ao campo.

Esta atividade eu desenvolvo até hoje.

No início da década de 90 ingressei como professor colaborador no Programa de Mestrado em Projeto, Arte e Sociedade da Faculdade de Arquitetura, Arte e Comunicação da UNESP do campus de Bauru. A área de concentração era Planejamento Regional e Urbano: Assentamentos Humanos e minha disciplina era Ecologia Humana. Na graduação ensinei Antropologia e organizei um grupo de estudos chamado “Estudos de Populações e Meio Ambiente”. Fiz parte entre 1993 e 1996 da Comissão de Pós-graduação e fui vice-coordenador entre 94 e 95. Organizei também dois simpósios de assentamentos humanos em 94 e 95. Era a oportunidade de assumir uma ação política sem abrir mão da ciência básica e da filosofia.

Tendo eu preocupações sobre a Natureza da Natureza passei a discutir a Natureza das ciências da natureza. Tal discussão se encontra publicada na revista Ciência e Educação, v.2 em 1995 com o título “Ciência, Natureza e Meio Ambiente”.

As pesquisas realizadas pelo grupo renderam dezenas de trabalhos apresentados em congresso (nacionais e internacionais) e publicados.

As dissertações que orientei (oito ao todo) eram descritivas com uma inclinação para uma tentativa de proposta para o planejamento ambiental de políticas públicas. Minha última orientada defendeu sua dissertação em 2003. Estes trabalhos foram publicados principalmente nas revistas Terra e Cultura da UNIFIL e Revista de Assentamentos Urbanos da UNIMAR.

Por outro lado, continuei até 1994 a ministrar disciplinas de Ecologia, Educação Ambiental e Metodologia Científica nos cursos de Especialização em Ecologia e Educação Ambiental da UNICENTRO do Paraná e comecei a produzir um banco de imagens sobre ecossistemas e animais do Paraná.

A partir do ano 2000 fui para a Universidade Paranaense (embora continue credenciado pela UNESP, mas com este programa de mestrado em reforma). Aí formei um Grupo de Estudos de Ecologia, Etologia e Educação Ambiental (GEA).

Neste tempo tive a oportunidade de retomar as observações em animais sociais, no entanto agora em mamíferos (capivaras, cateto, queixada, quati e ratão-do-banhado).

Durante o ano de 2003 colaborei com a Faculdade Estácio de Sá

de Ourinhos implantando nesta instituição a iniciação científica. Período em que exercia a função de Coordenador de pesquisa da faculdade e fundador e editor da revista eletrônica Horus (Revista de Humanidades e Ciências sociais aplicadas).

Por esse tempo compreendi o que quer dizer sonhar junto (da fala de Rubens Alves). Ensinar é caminhar junto e, por onde? Pela história da construção da teoria da qual se quer apresentar. Aprender é apreender a teoria em seu contexto, o que permite relacioná-la com outras teorias no mesmo contexto e comparar contextos diferentes com teorias semelhantes ou diferentes. Não há texto sem contexto, isto eu já sabia de Paulo Freire, mas as teorias também têm que ser contextualizadas. Tem tudo a ver com Kuhn, com Lakatos e com Foucault.

Assim, ensinar é viajar, não pelo mundo da Ciência, o 3º mundo de Popper (que não existe como ele queria), mas pelo mundo no qual a Ciência (ou parte dela) nasceu. Os trabalhos que produzi voltados para a educação não procuram formar cientistas, mas despertar o interesse dos alunos pela ciência. E, para isso, procuro me utilizar de todo tipo de técnica artística ou lúdica, de tudo aquilo que pode causar encantamento seja pela beleza, seja pela curiosidade.

E assim pensando, resolvi fazer um novo doutorado, desta vez em Educação para as Ciências na Faculdade de Ciências da UNESP, campus de Bauru buscando aprofundamento e integração do conhecimento adquirido por mim sobre a natureza e seu ensino. Este novo projeto, o iniciei em 2009. A acompanhar-me estão Marx e seu jeito de ver a história. Prigogine e sua escuta poética para compreender a natureza. Freud e suas ideias acerca de cientistas e poetas. E meu pai e meu avô com suas histórias. Afinal, nem Ihering, nem Goeldi, nem Cabrera podiam comparar-lhes. Somente Sherazade, Sheakespeare ou o Velho Timbira.

A ideia inicial da presente tese partiu do questionamento sobre quais os elementos necessários para permitir uma compreensão da visão biológica sobre a Natureza. Daí derivou-se a questão: Qual é a visão biológica sobre a Natureza?

A formulação de uma resposta partiu de dois caminhos principais, um da percepção de que o conceito de natureza mudava ao longo da história, e o outro que a Biologia podia ser vista de uma forma integrada a partir de algumas *ideias ou elementos estruturantes*, os quais permitam sintetizar as bases do pensamento biológico.

A noção de ideia estruturante assumida para análise da Biologia, ou seja, a busca dos elementos-chaves que a constitui e que possibilita caracterizá-la, se aproxima da definição trazida por Aduriz-Bravo *et alli* (2002), embora aqui não se refira somente aos seus conteúdos conceituais, mas também no que concerne sua epistemologia, ontologia e contexto sócio-histórico.

De acordo com Aduriz-Bravo *et alli* (2002) as *ideias estruturantes* seriam conceitos disciplinares capazes de organizar teoricamente os distintos conceitos e modelos presentes no currículo. Neste sentido, se trata dos eixos direcionadores da organização sintática e curricular de uma área específica de conhecimento. Em qualquer disciplina científica mais ou menos madura as ideias estruturantes são muito abundantes e aparecem organizadas com coerência em conjuntos densamente ligados que constituem áreas temáticas ou aspectos da disciplina. Estes aspectos crescem agrupados em torno de questões clássicas que são as que a disciplina recorre desde sua formalização inicial.

Um dos aspectos-chave na Biologia é a visão de natureza que a subjaz. Sendo assim, por que a visão de natureza muda (NASCIMENTO JR., 1996; 1998; 2000; 2001; 2003) é possível perceber duas coisas, uma que existe uma construção de significado ontológica dessa visão e a outra é que havia (e há) uma história envolvida neste processo de construção de significado. Este processo é expresso nos conceitos e teorias, assim como na forma de apreensão do objeto investigado. Sendo assim, o objetivo da presente tese foi percorrer por estes

caminhos e suas ramificações, identificando e caracterizando as ideias estruturantes constitutivas da Biologia. Buscando subsídios para uma compreensão mais integrada desta ciência. E, para realizar uma aproximação com o cenário do ensino de biologia, estabeleceu-se um olhar sobre os documentos curriculares oficiais do Ensino Médio a partir da visão biológica constituída neste estudo histórico e filosófico.

De início, portanto, já havia alguns indicativos que assinalavam a direção a ser percorrida, sendo eles, a busca pela visão de natureza contida na Biologia, seus conceitos e teorias e a forma com que seu pensamento foi construído ao longo da história. Embora o questionamento inicial pareça ser solucionado de imediato o mesmo não ocorre, pois não basta reconhecer estes indicadores, é preciso caracterizá-los, e isto exige um estudo sobre a história e filosofia desta ciência.

O conceito de história assumido baseia-se na ideia clássica de Marx de que existem só duas Histórias que se encontram em um movimento dialético, a História Natural e a História Social. As demais são desdobramentos delas. Sendo assim, estudar a história da Biologia, cujo objeto é a manifestação da vida na Natureza, é compreender a História Natural inserida na História Social do homem. Uma melhor compreensão sobre essa formulação será apresentada no capítulo 3 no qual são trazidas as principais correntes filosóficas do século XIX, dentre elas a materialista dialética.

O questionamento inicial foi construído e reconstruído ao longo do desenvolvimento da presente tese, e se expressa na busca pela relação entre a História das Ideias de Natureza, História da Biologia, Filosofia da Ciência e de forma ainda inicial com a Educação para Ciência. O estudo caminhou principalmente direcionado por três questões:

- Quais são os elementos que caracterizam a Biologia como tal ao longo da sua construção?
- Como estes elementos se caracterizam e se articulam?
- Os documentos curriculares oficiais consideram estes elementos na sua formulação?

A ORGANIZAÇÃO DA TESE

Foi realizado um estudo teórico visando identificar as principais questões que sustentam a Biologia, considerando a sua história de construção, assim como o olhar da Filosofia da ciência sobre ela. Tais questões dizem respeito as principais preocupações (teóricas, empíricas e filosóficas) que estruturam a Biologia, a forma com que elas foram e são investigadas e respondidas, e também qual o contexto sócio-histórico na qual se inserem.

Para tanto, fez-se um levantamento documental principalmente nas fontes secundárias sobre a história e filosofia da biologia, assim como em algumas fontes primárias. Sem, no entanto, ter uma preocupação historiográfica metodológica com os detalhes, sem desprezar sua necessidade. Isto porque o objetivo do trabalho não é revelar aprofundamentos históricos particulares da biologia, mas apresentar elementos reconhecidos pela literatura como aspectos estruturantes desta ciência. Tendo realizada esta etapa, posteriormente, fez-se uma análise do conteúdo disciplinar dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), PCNEM+ e as Orientações Curriculares do Ensino Médio.

Com o formato que tem hoje, a Biologia se constituiu durante o século XIX. Suas ideias precursoras, no entanto, remontam de muitos séculos antes. Preocupações acerca de animais e plantas vêm acompanhando o ser humano desde a sua hominização. Mas uma ciência não é somente um conjunto de conceitos sobre um tema comum. Ela é sim, um olhar próprio sobre objetos escolhidos do mundo. Um meio próprio de explicar esses objetos, um conjunto próprio de explicações formando um corpo de conhecimentos e um conjunto de regras próprio da sociedade que inventou este olhar, escolheu estes objetos, produziu este método e estruturou este conjunto de informações, transformando-o em conhecimento. Esta história da construção do objeto, do olhar, da forma de inquirir da Biologia é apresentada em linhas gerais nos cinco capítulos.

O Capítulo I não corresponde à história da Biologia, mas a história das ideias sobre os seres vivos da Antiguidade à Idade Média. Desse período é possível identificar algumas das questões que a Biologia veio a se debruçar. Ideias essas que representam um contexto histórico-social e uma visão de natureza que na

Antiguidade era sustentada por uma filosofia racionalista antiga, principalmente de Platão e Aristóteles, e na Idade Média por um racionalismo cristão, especialmente de São Tomás de Aquino e Santo Agostinho, também pelo racionalismo árabe de origem clássica que influencia o racionalismo cristão, sobretudo, o período aristotélico e o experimentalismo nas universidades.

O Capítulo II, por sua vez, busca enfatizar a mudança ocorrida na visão de mundo na Idade Moderna que se opôs a Escolástica e suas implicações na organização da Ciência que culminou na Revolução Científica. Neste período o racionalismo francês, o empirismo inglês e o criticismo kantiano se configuram, fornecendo subsídios filosóficos para a construção dos fundamentos ontológicos e metodológicos da ciência da época. Estes que trarão implicações para o estudo dos seres vivos.

O Capítulo III marca o surgimento da Biologia enquanto ciência no século XIX, caracterizado pela expansão da Revolução Francesa e constituição dos estados modernos. No início do século alguns ramos já se configuravam, porém ainda vinculados com a filosofia da Natureza. Período de conflitos entre perspectivas que possuíam diferentes filosofias, em que se buscava a delimitação, caracterização do objeto e dos métodos de investigação. Fase de distanciamento da postura filosófica vigente até então, isto que se consolidará no século seguinte. Constitui-se a partir daí um olhar específico sobre a natureza.

Na segunda metade do século XIX o conhecimento da Biologia se constitui em três teorias principais: teoria celular, teoria do equilíbrio interno e a teoria da seleção natural e origens das espécies. Duas perspectivas centrais se estruturaram, uma Mecanicista e outra Histórica, as quais sustentaram áreas distintas. Período também em que a Filosofia reconhece a Biologia como Ciência, passando a analisá-la quanto a sua estrutura constitutiva, papel social e formas lógicas de pensamento.

O Capítulo IV vai apresentar a Biologia em duas partes. A primeira apresenta, rapidamente, a formação das principais áreas da Biologia contemporânea: Fisiologia, Bioquímica, Biologia Celular, Farmacologia, Biologia Molecular, Genética, Evolução, Ecologia, Etologia e Biogeografia. A segunda se distingue pelo avanço das técnicas da biologia molecular e da bioinformática sobre essas áreas. Com isso a Biologia passa a ser caracterizada por cinco teorias: a

teoria celular, a teoria do equilíbrio interno que é ampliada para a teoria da homeostase, a teoria da seleção natural e origem das espécies cuja versão ampliada é a teoria sintética, a teoria da herança derivada da apropriação e aprofundamento das ideias de Mendel e a teoria dos ecossistemas e da paisagem derivada da experiência dos viajantes.

Deste capítulo resulta, dessa forma, a caracterização de dois grandes elementos estruturantes da Biologia que foram denominados de Estatuto Conceitual e Estatuto Ontológico. O Estatuto Conceitual engloba as questões estruturantes de interesse da Biologia e as teorias fundamentais que trazem explicações sobre elas. O Estatuto Ontológico diz respeito as questões centrais sobre a construção de significado do mundo e seus elementos constituintes que sustentam o olhar sobre o objeto de investigação da Biologia.

Por último, o Capítulo V apresenta o olhar da filosofia sobre a Biologia em diversas vertentes, considerando a sua estrutura lógica, epistemológica, social e cultural. Disto se extraiu o Estatuto Epistemológico da Biologia que envolve as preocupações teóricas sobre o processo de construção do conhecimento biológico. E, foi sintetizado o Estatuto Histórico-Social que diz respeito ao contexto sócio-histórico no qual a ciência se constituiu (e se constitui).

Os quatro estatutos foram desdobrados em categorias temáticas para que permitam sua aplicação na discussão da visão biológica constitutiva desta Ciência. Sendo assim, buscando iniciar uma aproximação com a Educação em Ciências, no Capítulo VI é apresentada uma análise do conteúdo disciplinar dos documentos curriculares oficiais do ensino médio, apontando possíveis contribuições do esquema proposto para análise e discussão da Biologia.

Neste sentido, a presente tese se insere no rol das preocupações em torno do conteúdo científico que compõe a disciplina de Biologia no Ensino Médio visando uma contribuição a alfabetização científica.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, A., IZQUIERDO, M.; ESTANY, A. Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p.465-476, 2002.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Natureza, ciência e meio ambiente. In: NARDI, R. (coord.). **Ciência contemporânea e ensino: novos aspectos**. v. 2. Bauru: UNESP, 1996, p. 39-48.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos da construção histórica do pensamento neo-empirista. **Revista Ciência e Educação**, vol. 5. Bauru: Unesp, 1998, p. 37-54.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos do Pensamento Idealista na História da Construção das Ciências da Natureza. **Revista Ciência e Educação**, v. 7, nº 2, p. 265-285, 2001.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos da História da Construção das Ciências da Natureza: das Certezas Clássicas às Dúvidas Pré Modernas. **Revista Ciência e Educação**, v.9, nº 2, 277-299, 2003.

1. CAPÍTULO I – O OLHAR SOBRE OS SERES VIVOS DA ANTIGUIDADE À IDADE MÉDIA

Sendo os seres vivos os objetos de interesse da Biologia a qual tem o objetivo em entendê-los e embora a história desta ciência não comece com a história do conhecimento destes seres pelo homem, é desta última que as questões iniciais da Biologia foram levantadas. E, genericamente, foram três as categorias de seres que, ao conviverem com o homem desde sua origem, fornecendo-lhe grande quantidade de informações o qual, ao longo do tempo, foram se tornando conhecimento: as plantas, os animais e os próprios homens.

Desde a antiguidade o ser humano interage e busca compreender o mundo que o envolve. Certo que naquela época não havia ciência, mas um conhecimento sobre a realidade se constituía, com um método próprio e com uma visão de mundo característica que o subsidiava. Sendo assim, compreender um pouco dessa história, sobre os aspectos que a constituem, traz elementos que indicam origens das questões que a Biologia enquanto ciência se debruçou e ainda se debruça, e mesmo das formas de investigar seu objeto.

O objetivo não é fazer uma reconstrução histórica pormenorizada do conhecimento sobre os seres vivos e suas características, ao longo da antiguidade. É sim, apresentar informações que subsidiem uma compreensão geral sobre como este conhecimento foi se constituindo, observando a influência que a organização social e a visão de mundo (de Natureza) têm neste processo de entendimento da realidade.

É caracterizado também o olhar sobre os seres vivos da Idade Média ao Renascimento. Procura-se, então também apresentar um panorama geral sobre a Idade Média, ressaltando três aspectos: o modo com o qual os filósofos da época enxergavam a natureza, como os seres vivos eram inseridos neste olhar e, por último, qual era o contexto histórico no qual tal olhar era elaborado.

O capítulo expressa a visão constituída na Idade Média dividindo o período em duas fases. A primeira vai do século V ao XII e é de influência predominantemente neoplatônica. É época nomeada pela filosofia medieval de Patrística em alusão aos primeiros filósofos cristãos, os Padres da Igreja, cuja

expressão maior foi Agostinho, bispo de Hipona. Período marcado pela expansão árabe, pela presença determinante da Igreja nas decisões políticas dos estados e pelas características feudais da sociedade. Nesta fase, os árabes são os principais protagonistas da produção dos conhecimentos acerca da natureza e do corpo humano, elaborando, inclusive, o método experimental.

Na segunda fase, que vai do século XII ao XV, o capítulo procura apresentar uma Europa modificada por várias situações de ordem interna, gerando transformações da organização feudal e, ao mesmo tempo, de ordem externa, como as cruzadas e a invasão mongol. A presença de Aristóteles na Europa cristã foi a principal marca intelectual do período. Neste momento histórico, os árabes se encontram governados pelos turcos seldjúcidas, de orientação conservadora, e não mais protagonizavam a produção do conhecimento sobre a natureza. Os europeus haviam criado a universidade e, algumas, iniciavam a prática da experimentação. No final da Idade Média, o capítulo, resumidamente, apresenta algumas questões do Renascimento. Este não se caracteriza propriamente por um período histórico, mas uma transição entre a Idade Média e a Idade Moderna.

1.1 UM POUCO DA HISTÓRIA ANTIGA

Na comunidade tribal e nas civilizações pré-helênicas, a natureza é mítica, expressa pelos segredos de Gilgameshi, Prometeu, Amôn, Ogun, Jeová, Votan, Belenos, Tupã, Manco Capac, Manitu. O mundo oculto dos espíritos empresta à natureza o olhar simbólico do homem (DURAND, 1988) e, é desvendado pela magia dos seus rituais (MENEGAZZO, 1994).

Nestes tempos, os métodos utilizados para evocar (ou expulsar) os espíritos ou deuses eram os rituais. Expressões dramatizadas dos mitos auxiliados por elementos naturais e/ou artificiais que favoreciam (segundo a crença) a manifestação dos espíritos ou divindades (TURNER, 1974).

Muito mais tarde se construíram as vilas, as cidades e os impérios. Vieram também grandes plantações e criação de animais, acompanhada de muito conhecimento acerca do solo, do clima, das pragas, da estrutura e função das

plantas e animais, de irrigação e armazenamento. Surgiram os tecidos feitos de fibras vegetais e animais, os remédios, os perfumes, os condimentos. E, ainda mais tarde, surgiram a escrita e a matemática para identificar e medir o produto armazenado. Da escrita surgiu o papel e assim por diante. O papel dos vegetais e animais, e, conseqüentemente, de seu conhecimento, foi (e continua sendo) fundamental para a existência humana. Por tal importância, o ser humano jamais deixou de reverenciar as plantas e animais dentro de sua cosmogonia mítica, trazendo, a seu respeito, referências de magia e poder e um lugar de destaque em seus relatos (CAMPBELL, 1997).

Nestas cidades, também surgiram trabalhadores especializados que, ao contrário das comunidades tribais, assumiam uma divisão do trabalho e, ao mesmo tempo, uma hierarquia social constituída de nobres, sacerdotes, burocratas, artesões, comerciantes. Mais tarde surgiram os médicos e construtores e outros tantos profissionais, quão complexa a cidade ia se tornando.

As cidades enriqueceram com a exploração dos povos menos organizados e de seus próprios camponeses, se tornando poderosos impérios (HUBERMAN, 1964), e, de seu modo de organização social emergia o modo de seus habitantes verem o mundo e, a ele, atribuírem significado.

A organização social babilônica, por exemplo, era estruturada em função de seu império. O império Caldeu subjugou e escravizou muitos povos e o homem babilônico era, portanto, uma pequena parte de um imenso aglomerado de pessoas. Estas se relacionavam, através, de regras estabelecidas por classes que dominavam completamente os meios de produção e, assim, determinavam as formas e procedimentos que a sociedade apresentava. O homem babilônico era, portanto, prisioneiro do estado social, econômico e político, impossível de ser influenciado por ele. As hierarquias sociais eram muito rígidas e a visão de mundo desse homem era também hierarquizada, rígida e imutável (MELLA, 2004). Os deuses eram infalíveis e inquestionáveis e sua expressão terrena era o imperador ou o faraó.

Entre os gregos, novas situações ocorreram. Suas cidades eram constituídas (em parte) por cidadãos livres. Cada cidadão participava das decisões da cidade, efetivamente, através do voto. Esta ação sobre o destino de sua cidade dava, ao cidadão grego, uma noção de realidade diferente daquela apresentada

pelos habitantes dos grandes Impérios que não se sentiam (e nem era possível na prática) capazes de mudar o destino destes (nem o seu próprio destino). Assim, a visão de transformação era muito mais presente na concepção grega de mundo do que na dos outros povos (VERNANT, 1987).

Foi em Mileto, na Ásia Menor, durante o século VI a.C., que os gregos iniciaram suas explicações acerca da origem de tudo. Começaram com Tales para quem tudo se originava da água. Anaximandro apresentou o conceito do *Apeiron* (o indeterminado, ilimitado). E Anaxímenes, o ar. Os Pitagóricos falavam da dualidade como princípio que ordena o mundo e da matematização da natureza. Heráclito de Éfeso propõe a dialética dos contrários, enquanto, Parmênidas de Eléis, um Ser original não contraditório. Empedócles de Agrigento preserva a ideia de Ser eterno e indivisível, porém, não único. Para ele o mundo possui quatro princípios básicos: fogo, água, ar e terra, de forma que tudo resulte da combinação entre estas quatro raízes. O movimento que permite tal combinação é produzido pelos princípios opostos, o amor e o ódio. Anaxágoras de Clazômenas concebe o mundo como infinitas combinações de todas as coisas em tudo. Assim as coisas não nascem ou morrem e sim se misturam e se separam. O que comanda a mistura e a separação é uma força especial chamada *Nous*. Leucípo e Demócrito encerram esse período grego de reflexões com a concepção atomista do mundo (SOUZA, 1996).

No início do IV século a.C., a Jovem Atenas, infligiu à poderosa armada persa, a avassaladora derrota de Salamina e o mundo asiático viu o fim de sua expansão no ocidente. A partir dessa época os gregos viram sua cidade brilhar sob o governo de Péricles. Era o período clássico da filosofia, momento de seus filósofos mais importantes, Sócrates, Platão e Aristóteles (ROSTOVTZEFF, 1983).

1.1.1 O MUNDO GREGO E O MUNDO ROMANO

O mundo grego é um mundo fechado. Ali todas as coisas estão organizadas seja na forma da geometria divina de Platão seja na forma das ideias dirigentes de Aristóteles. O pensamento essencial é o *Logos*, externo ao homem.

Este o procura e, para encontrá-lo necessita da episteme (sabedoria). Aqui estão os elementos essenciais para a construção da Ciência Grega.

O modo com que o mundo se organiza, é o modo pelo qual é possível ao homem entender esta organização. Aí estão a ontologia e a epistemologia. Nesse mundo grego o pensamento do homem e o pensamento do próprio mundo se confundem. Isto porque o sentido que o mundo apresenta e o pensamento humano que procura apreendê-lo são filhos da mesma mãe, a ideia. A ideia que está no homem é a mesma que está no cosmo. E assim o único modo de se entender a ideia que rege o mundo é pensando. Pensando inteiramente e escavando na memória transcendental (e coletiva), à procura da ideia essencial como diz Platão, ou pensando um modo de entender a ideia que está contida e dirige as coisas, como diz Aristóteles. Tanto em um como em outro a ideia não se separa das coisas. Ideias e coisas formam o mundo e o homem, e assim o pensamento grego clássico consiste em encontrar um método capaz de entender a relação entre esses dois construtores (ideias e coisas).

É essa a cosmologia que orienta o pensador da Antiguidade e também por toda a Idade Média. E neste mundo de ideias e coisas misturadas, o entendimento se faz através da compreensão da ideia que dá sentido ou dirige as coisas. Daí os métodos da Antiguidade e da Idade Média serem praticamente todos voltados à elaboração das ideias para a compreensão das coisas, ou seja, os métodos da argumentação.

Para Platão as ideias são a essência das coisas no mundo físico das aparências (o modo de entendê-las é através de diálogos que levam à contemplação da alma). A multiplicidade das coisas é aparente. Os sentidos fazem com que os homens acreditem estar vendo a essência das coisas, mas na verdade, eles vêem apenas as aparências, estas constituem o mundo dos sentidos, o mundo sensível onde tudo é instável e varia conforme as interpretações. Nesse mundo de sensações cada ser humano escolhe um aspecto da aparência, transformando-o em verdade baseada em sua opinião sobre o mundo. Tais opiniões nunca atingem a verdadeira essência das coisas, a *episteme*. Esta é a tese de Platão que a desenvolve na *República*. O mundo sensível é um mundo de aparências, onde a verdadeira essência está oculta por trás das muitas aparências apresentadas pelas coisas aos sentidos. A existência da essência é demonstrada pela geometria que

apresenta figuras perfeitas as quais são representadas, no mundo sensível por figuras que procuram uma aproximação com o modelo ideal. Ao se observar um cavalo, um pássaro, ou um navio, pode-se ver inúmeras formas, tamanhos e cores diferentes porém ninguém se engana de estar observando um cavalo, um pássaro ou um navio.

Assim, até os sentidos percebem a ideia essencial por trás da aparência. A estas ideias Platão denomina de *eidos*, e as coloca fora do mundo das aparências. Dessa forma, a pluralidade das coisas se localiza no mundo das aparências enquanto que as ideias essenciais (*eidos*) se encontram no mundo das ideias. As coisas sensíveis porém, imitam as ideias que lhes correspondem. Tal imitação é sempre imperfeita o que explica porque o mundo sensível é variado e mutável. O homem, por sua vez, pode recuperar a ideia essencial oculta sob as aparências situadas no mundo sensível. Basta que se lembre da ideia de que foi tirada cópia. Assim, para Platão, conhecer é relembrar as ideias essenciais que foram contempladas pela alma, mas esquecidas devido à relação entre o corpo e as coisas sensíveis. É a teoria da *anamnesis*, ou seja, o desesquecimento das recordações. A alma já contemplou estas ideias numa outra vida e, por isso, pode recordá-las. É a teoria da contemplação da alma, o racionalismo transcendental. Esta alma sendo imaterial e incorpórea convive com as ideias em um elo de ligação que o ser humano mantém com o ininteligível.

Segundo Platão a alma é formada antes do corpo para comandá-lo. Ela é constituída da substância indivisível composta sempre de maneira invariável e da substância divisível que está nos corpos. Entre os dois, misturando-os ocorre uma terceira espécie de substância intermediária, o que compreende a natureza do Mesmo e do Outro. Assim alma é então formada da natureza do Mesmo, da natureza do Outro e da Terceira Substância.

No *Timeu*, Platão apresenta o cerne de sua ideia:

Ora, quando um raciocínio veraz e imutável, relativo à natureza do Mesmo ou do Outro, é acusado sem ruído nem eco dentro daquele que se move a si mesmo, esse raciocínio pode ser formulado em relação às coisas sensíveis. Então o círculo do Outro caminha diretamente e transmite à alma inteira informações sobre o sensível, e podem assim se formar nela opiniões que são sólidas e verdadeiras. Inversamente, quando esse raciocínio se forma em relação ao que é o objeto de lógica, assim que o círculo do Mesmo está animado de uma rotação favorável, e lhe revela aquele objeto, a

intelecção e a ciência se produzem necessariamente. E aquilo onde nascem essas duas espécies de conhecimento, quem afirmasse ser algo que não a alma, tudo poderia estar dizendo, menos a verdade (PLATÃO, s.d, p. 37).

Para Platão, o corpo mortal foi originado do fogo, da terra, da água e do ar que um dia voltariam para o cosmo. Aliás, todas as coisas materiais são constituídas pela relação particular entre esses quatro elementos, onde cada um é composto das partículas a ele designadas, como átomos indivisíveis. Para ele um artesão maior (Demiurgo) construiu a alma e deuses menores, o corpo. A alma, embora existente em cada homem é única em todos tornando parte no indivisível e é por fazer-lhe parte que esta se recorda das ideias que lhe constituem, atingindo assim as verdades do mundo. Por outro lado toda a natureza é constituída pelos quatro elementos fundamentais: o fogo, a terra, a água e o ar.

Segundo Platão, a unidade básica constitutiva da terra seria a figura cúbica, pois, "a terra, das quatro espécies, é a mais difícil de mover e é, de todos os corpos, o mais tenaz. E é muito necessário que tais propriedades tenham recebidos, ao serem geradas, as bases mais sólidas" (PLATÃO, s.d, p.55).

Esta figura é composta por triângulos equiláteros por estes permitirem uma estrutura mais compacta, em conformidade com as propriedades da terra. Os outros elementos são constituídos de maneira semelhante sendo a água a figura menos móvel, e o fogo mais móvel, ficando o ar na posição intermediária. Assim, a figura que tem as menores bases deve ter a natureza mais móvel e é representada pela pirâmide (o fogo). O ar representado pelo octaedro e a água pelo icosaedro.

Todas essas figuras,

[...] convém concebê-las tão pequenas que, em cada gênero, cada uma não possa nunca, por causa de sua pequenez, ser percebida por nós, individualmente. Ao contrário quando se agrupam, as massas que formam são visíveis. No que toca as relações numéricas quanto a seu número, movimentos e suas outras propriedades, deve-se considerar que Deus, na medida em que o ente da necessidade se fazia espontaneamente persuadir, realizou-se sempre de maneira exata, e assim harmonizou matematicamente os elementos (p. 56).

Dessa forma fica claro que Platão via o mundo totalmente geometrizado (à maneira da tradição pitagórica) e constituído por um artesão divino (Demiurgo) em função de um plano totalmente geométrico.

Era certa retomada da teoria atomista de Leucipo e Demócrito, porém geometrizada e coordenada pelo planejamento de um artesão superior um pouco inspirado no conceito unitário eterno e indivisível de Parmênidas, levando em conta a ideia de geometrização da natureza dos Pitagóricos e as combinações de Anaxágoras, comandadas pelo Nous. Via-se em Platão também os quatro elementos básicos: o fogo, água, ar e terra de Empédocles e, embora harmonizado o universo platônico ao ser dividido em um mundo das ideias e mundo das coisas estabelece certa aproximação com a ideia dos contrários de Heráclito. Em suma, Platão sintetizou todo o conhecimento grego anterior a sua época.

Para Aristóteles, as ideias dirigem as coisas a seu lugar natural no mundo (o modo de se entender a ideia dirigente é através da observação e da lógica). Assim, no capítulo 6 do livro I da *Metafísica*, Aristóteles explica a sua visão acerca das ideias de Platão:

[...] tendo-se familiarizado, desde sua juventude com Crátilo e com as opiniões de Heráclito, segundo as quais todos os sensíveis estão em perfeito fluir, e não pode deles haver ciência, também mais tarde não deixou de pensar assim. Por outro lado havendo Sócrates tratado as coisas morais, e de nenhum modo do conjunto da natureza, nelas, procurando o universal e, pela primeira vez, aplicando o pensamento às definições, Platão, na esteira de Sócrates, foi também levado a supor que (o universo) existisse noutras realidades e não em alguns sensíveis. Não seria, pois, possível, julgava, uma definição comum de algum dos sensíveis que sempre mudam. A tais realidades deu o nome de ideias (eidos), existindo os sensíveis fora delas, e todos dominados segundo elas. E, com efeito, por participação que existe a pluralidade dos sinônimos, em relação as ideias. Quanto a esta participação, não mudou senão o nome: os pitagóricos, com efeito, dizem que os seres existem à imitação dos números, Platão por participação mudando o nome, mas o que esta participação ou imitação das ideias afinal será, esqueceram todos de o dizer. Demais, além dos sensíveis e das ideias diz que existem entre aquelas e estas, entidades matemáticas intermediárias, as quais diferem das sensíveis por serem eternas e imóveis, e das ideias por serem múltiplas e semelhantes, enquanto cada ideia é, por si, singular. Sendo as ideias as causas dos outros seres, julgou por isso que os elementos de todos os seres "e, como matéria, são princípios (das ideias) o grande e pequeno, como formal é o uno, visto que a partir deles, e pela sua participação no uno, que as ideias são números. E

conclui é evidente pelo que precede, que ele somente se serviu de duas causas: da do que é e da que é segundo a matéria sendo as ideias do que é para os sensíveis, e o uno para as ideias (ARISTÓTELES, 1979, p.24).

No capítulo 9 do livro I da *Metafísica*, Aristóteles (1979, p.29) diz: "Os que põem as ideias como causas, enquanto pretendiam individualizar, a princípio, as causas dos seres deste mundo, introduziram outros seres em número igual". O que quer dizer que duplicaram desnecessariamente o mundo.

É na *Física* que Aristóteles revela que as causas não eram duas, como propõe Platão (da do que é e da do que é segundo a matéria) causa formal e material respectivamente, mas quatro: material, formal, eficiente e final. A causa material indica a matéria a qual uma coisa é constituída, a causa formal, a causa eficiente ou motriz é a unificação entre a matéria e a forma e a causa final é a finalidade com que esta "coisa" foi produzida. Essas quatro causas estão relacionadas com a ideia de transformação contínua das coisas as quais são percebidas pelos sentidos graças a noção aristotélica de ato e potência. O ato refere-se ao estado atual do ser enquanto a potência indica aquilo que este ser se transforme sem que deixe de ser o mesmo. Uma semente é assim, enquanto ato mas enquanto potência será a árvore que dela irá germinar.

Dessa forma Aristóteles demonstra que todas as coisas sensíveis estão em constante transformação, em direção ao cumprimento de sua finalidade última que é o seu "lugar natural". O ser aristotélico é um ser presente em todas as coisas fazendo com que estas sejam únicas, cada uma com sua finalidade. Com essa ideia, Aristóteles critica particularmente o atomismo, de Leucipo e Demócrito que refutava a ideia de causa final.

A causa primeira, aquela que teria iniciado o ciclo infundável de potência-ato-potência não pode ser causada, nem sequer ter movimento (pois movimento supõe uma causa), tampouco ter potencialidade (pois se as tivesse se transformaria em ato), não pode ser material (porque a matéria somente existe numa forma própria unidas por uma causa eficiente). Portanto, a causa primeira era imóvel, com ato puro, sem potência e pura forma, era Deus, que habitava o mundo supra-lunar, onde se situam os corpos celestes cujo movimento circular perfeito, sem começo e sem fim, se assemelham a um motor imóvel e eram constituídos pelo quinto elemento, o éter. As outras coisas todas habitavam o mundo sublunar,

constituídas pelos quatro elementos (fogo, água, terra e ar) sujeitas a transformações contínuas em função da relação ato e potência, cuja finalidade era encontrar o seu lugar do qual só se deslocam pela violência.

Para se conhecer o mundo é preciso partir da observação e, em seguida formular proposições sobre ela. No livro que integra o *Organon* denominado *Tópicos*, Aristóteles (1978) explica que tais proposições podem ser éticas, lógicas ou ainda, versarem sobre filosofia natural. Sua extensão pode ser universal ou particular. A substância indica sobre o qual se afirma algo. Sua definição significa reconhecer a essência de algo que está se buscando.

Uma propriedade é um predicado que não indica a essência de uma coisa, e todavia pertence exclusivamente a ela e dela se predica de maneira conversível. Um gênero é aquilo que se predica, na categoria de essencial, de várias coisas que apresentam diferenças específicas. A espécie, por sua vez, indica aquilo que diferencia as substâncias do mesmo gênero. Um acidente é: (1) alguma coisa que, não sendo nenhuma definição, nem uma propriedade, nem um gênero ou espécie, pertence, no entanto à coisa; (2) algo que pode pertencer ou não pertencer a alguma coisa, sem que esta deixe de ser ela mesmo, por exemplo a posição sentada. O acidente, o gênero e a espécie, a definição e a propriedade do que quer que seja sempre caberão numa das seguintes categorias de predicado: essência, quantidade, qualidade, relação, lugar, tempo, posição, estado, ação e paixão.

Os meios pelos quais lograremos estar bem supridos de argumentos segundo Aristóteles, são quatro: (1) prover-nos de proposição; (2) a capacidade de discernir quantos sentidos se empregam de uma determinada expressão; (3) descobrir as diferenças das coisas, e (4) a investigação das semelhanças.

A partir daí é necessário a elaboração de um raciocínio que consiste em um argumento em que, estabelecidas certas coisas, outras diferentes se deduzem necessariamente das primeiras. Esse raciocínio pode ser de dois tipos: (a) o raciocínio é uma demonstração quando as premissas das partes são verdadeiras e primeiras ou quando o conhecimento que delas temos provém originalmente das premissas primeiras e verdadeiras e (b) o raciocínio é dialético quando parte de definições geralmente aceitas, lançando mão da indução que consiste na passagem dos individuais aos universais. Ambos os raciocínios são, segundo Aristóteles, necessários para a investigação científica. A observação levava à explicação de

princípios fundamentais através da generalização (indução). Em seguida o raciocínio dedutivo ordenava as premissas obtidas por generalização e explicativa a ser compreendido.

Para Aristóteles a causa material torna todos os indivíduos particulares e a causa formal torna membro de uma classe de coisas semelhantes. Assim, a possibilidade de se compreender as formas é efetuada através da experiência dos sentidos pela indução. Esta por sua vez pode ser uma simples enumeração de eventos ou afirmativas que culminam na generalização da espécie a que são membros, por ex.:

a1 tem propriedade **P**

a2 tem propriedade **P**

a3 tem propriedade **P**

todos têm a propriedade **P**

Aristóteles, porém, na *Analítica Posterior*, também propõe um segundo tipo de indução, a indução intuitiva. É a capacidade de perceber o "essencial" nos dados da observação sensorial. Por ex.: "o observador que vê várias vezes que o lado brilhante da lua se encontra voltado para o sol, e conclui que a lua brilha porque reflete a luz solar" (89 10/20).

No segundo estágio da investigação, as generalizações produzidas pela indução são utilizadas como proposições ou premissas para a dedução de explicações sobre a observação inicial. O primeiro passo da dedução consiste na combinação das premissas para dela se extrair uma conclusão. A este conjunto de premissas e conclusão, Aristóteles denominou Silogismo. Tal conjunto de premissas não pode contradizer a si mesma (princípio da não contradição), tornando assim o argumento válido. Na *Analítica Posterior* Aristóteles havia identificado os argumentos da seguinte forma:

todo a é b

se todo c é a

então todo c é b

Porém, não basta que o argumento seja válido (do ponto de vista formal) ele também deve ter premissas verdadeiras, para darem sustentação à explicação. A validade da premissa está na observação sensorial. Além de verdadeiras, as premissas devem ser indemonstráveis, melhor conhecidas que as conclusíveis e que sejam as causas da atribuição feita na conclusão.

Após Aristóteles, os gregos já não eram governados pela polis. Felipe da Macedônia havia vencido atenienses e tebanos em Queroneia e Alexandre, seu filho, os unificara em um grande império, da Macedônia à Índia. Após sua morte, o mediterrâneo oriental se fragmentou em vários estados gregos. O próprio Médio Oriente se helenizou. O jovem modo grego de pensar se encontrou com tradições milenares dos povos que aí viviam enquanto novos estados eram criados. Se, no passado as cidades gregas se destroçavam em guerras fratricidas, esses impérios não tiveram destinos diferentes. No entanto durante os três séculos que conseguiram se manter e antecederam a consolidação do poder romano, essa mistura intelectual apresentou resultados muito ricos que fervilharam em inúmeras cidades desse mundo grego-oriental, culminando em Alexandria (ROSTOVTZEFF, 1983).

O homem grego, no entanto, já não era livre, mas, prisioneiro do império. Sua razão livre, sua capacidade de mudar o mundo foi se desvanecendo até que finalmente o pensamento grego se voltou para o interior do ser humano, para a sua solidão.

Os cínicos e os cétricos desprezavam ou duvidavam das convenções sociais e do conhecimento tal como falam Aristóteles e Diógenes, Pirro e Timon. Os estoicos gregos como Zenão e Áico e os romanos Séneca, Epicteto e Marco Antonio se mostram solidários ao novo estado das coisas. Para estes o mundo é como um corpo vivo, animado pelo sopro vital (pneuma). O movimento do pneuma é tenso e assim produz a coesão e a unidade do mundo que a contém e de suas partes. O pneuma é o logos. A razão universal presente em tudo e o mundo são o próprio Deus, sendo o destino, a providência. Tudo é pois racional e se encontramos irracionalidade tais como fome, doença, sofrimento, isto ocorre apenas como aspectos isolados dessa realidade.

Já Epicuro retoma o antigo conceito atomístico de Demócrito e Leucipo e admite não existir nada além das coisas físicas (átomos) e a sua ausência

(o vazio). Por isso o conhecimento só pode ser obtido através da relação direta entre as coisas e os sentidos. Esses átomos porém possuíam peso e inclinação, propriedades inexistentes no conceito atomista original. Com isso produziam o movimento, inerente nos próprios átomos. Essa inclinação é a manifestação da liberdade do átomo que se movimenta livre.

No entanto, ainda que por toda a Grécia proliferassem pensamentos estoícos, epicuristas, céticos ou cínicos, a herança aristotélica se mantinha forte nas grandes universidades e, a partir dela, as matemáticas e as ciências naturais avançaram graças à aplicação do método dedutivo aos seus princípios, principalmente em Alexandria.

Aristóteles entendia que a ciência demonstrativa muitas vezes partia de alguns princípios não demonstráveis (princípios assumidos) e ia deduzindo as consequências (Tópicos). Tomando esse princípio, Euclides (em sua principal obra: *Os Elementos*) demonstrou mais de 400 teoremas (a maior parte das proposições geométricas conhecidas) a partir de 5 postulados. Arquimedes tentou fazer o mesmo para a mecânica teórica (principalmente a hidrostática), ou seja, apresentar um pequeno número de princípios originais os quais permitem se derivarem os postulados da mecânica. O terceiro grande nome da matemática grega da época é Apolônio de Pergamo, autor do famoso *“Tratado sobre as Seções Cônicas”*.

Em Alexandria, a capital cultural do mundo helenístico, Eratóstenes na famosa *“Geografia”* confirmou a forma esférica do globo terrestre e mediu aproximadamente, suas dimensões. Aristarco de Samos formulou sua teoria heliocêntrica já apresentada pela escola Pitagórica, retomada muitos séculos depois por Nicolau Copérnico, e Hiparco de Nicéia calculou a distância entre o sol e a lua influenciando Claudius Ptolomeus. Este, por volta do ano 150 d.C., em 13 volumes (*O Almagesto*) apresentou todo o sistema geocêntrico aristotélico e ainda catalogou 1022 estrelas com nomes, signo do zodíaco a que pertenciam, lugar do zodíaco em que se localizavam, hemisfério norte ou sul e quantos graus a leste ou a oeste do céu. As considerações físicas, astronômicas e matemáticas dominantes na época a sustentaram por treze séculos (CASINI, 1975).

A Escola de Medicina de Alexandria, também muito famosa, tem como seus representantes mais respeitáveis Hierófilo, Erasítrato e Philadelphus tendo ainda Galeno de Pérgamo visitado a cidade (CHASSOT, 1994).

Além das ciências da Astronomia, das matemáticas e da medicina, o legado de Alexandria forneceu ao mundo as maiores escolas filosóficas da época tanto gregas clássicas como judaicas e cristãs, tendo aí originado o movimento filosófico de maior envergadura ocorrido no helenismo, o neoplatonismo.

Enquanto os gregos procuravam organizar e manter os reinos nascidos das conquistas de Alexandre, os romanos expandiam sua influência conquistando as terras da península itálica a sua volta. Sua atividade somente se tornou verdadeiramente incômoda quando iniciaram uma guerra contra Tarento no sul da Itália. Pirro, rei do Epiro, lutou com os romanos e depois com os cartagineses, governou Siracusa, enfrentou insurreições daqueles que o chamaram para defendê-los e, ao sair para lutar na Macedônia, deixou o terreno livre para romanos e cartagineses. Pirro lutou bem. Sua história foi descrita por Plutarco. Mas foi a única vez que os gregos tiveram uma ofensiva contra os romanos. E estes conheceram a falange, a máquina de guerra mais formidável até aquela época. Logo eles a superaram com a legião.

Os reinos gregos eram ricos e bem preparados para a guerra mas nunca se entenderam. Lutaram entre si e se destruíram do mesmo modo como fizeram Atenas, Esparta e Tebas no passado. Os selêucidas, os ptolomeus, os macedônios e o reino de Pérgamo se destroçaram e ainda enfrentaram os gauleses, na Europa, e na Ásia, as ligas das cidades gregas (no caso da Macedônia), os partas (contra os selêucidas) e as revoltas internas, como a dos macabeus em Jerusalém. Pouco a pouco os romanos foram anexando à sua República cada um desses reinos até que em 30 a.C. o último deles, o Egito dos Ptolomeus, foi incorporado a ele. Os gregos ainda reagiram com Mitítrates, rei do Ponto, formidável inimigo de Roma, mas, após grandes esforços, foi vencido por Pompeu. Assim, o mediterrâneo inteiro era romano e com preocupações bem diferentes daquelas existentes nos desorganizados reinos anteriores onde a elite grega se misturou de fato, apenas com a elite da população local (ROSTOVTZEFF, 1983).

Ao contrário dos gregos, os romanos eram bons administradores. Sua maior preocupação era a organização do Estado e, conseqüentemente, uma caracterização do cidadão, sua identidade, seu papel na constituição e manutenção do Estado Romano. Em outras palavras a atenção do intelectual desse tempo está essencialmente ligada ao estado de direito. Daí, a preocupação latina na filosofia ser

quase sempre ligada à ética. E, quando não, como o trabalho sobre seres vivos de Plínio, o Velho, um trabalho de cunho prático e com pouca preocupação com o rigor das informações. Os filósofos latinos são, principalmente, ecléticos, como Cícero, estóicos, como Sêneca, Marco Antônio e Epicteto e epicuristas como Lucrecio.

O principal interesse romano era, pois, o Estado. Diferente do grego que vivia originalmente na polis e se preocupava com o porquê das coisas, o romano perguntava como as coisas deveriam ser organizadas (primeiro na República e depois no Império). A polis era uma só, o Estado Romano se constituía em centenas delas. A maior das polis tinha algumas centenas de milhares de habitantes, o Estado Romano, muitos milhões. Talvez este tenha sido o principal problema dos reis helenistas. Governaram milhões se preocupando principalmente com suas principais cidades. Não havia projeto político de integração popular nestes governos. O poder latino, ao se concentrar nos projetos populares, naturalmente se inclinou para a formação do cidadão integrante do Estado para que este fosse consciente de seus direitos e deveres. Daí o foco romano nas preocupações normativas e suas bases e reflexos filosóficos. Com o tempo, a educação romana passou a ser uma preocupação essencial dos governos sendo organizada a partir de Quintiliano (PADOVANI; CASTAGNOLA, 1964). Na filosofia pura e nas ciências das matemáticas e da natureza, no estilo grego, eles muito pouco contribuíram durante a República. Estas ciências foram reduzidas, principalmente, à atividades práticas como o desenvolvimento de técnicas de engenharia e arquitetura.

Uma importante exceção é Lucrecio. Durante o último século antes de Cristo, esse pensador desdobra parcialmente o pensamento de Epicuro no conseqüente mecanicismo que o atomismo se inclinava. Também o determinismo de Demócrito sofre modificação com o livre arbítrio de Lucrecio e o mesmo ocorre pela não sujeição desse às leis físicas objetivas, precisas e necessárias ao funcionamento do mundo encontradas em Epicuro. Igualmente, o mecanicismo e o materialismo dos atomistas foram quase inteiramente esquecidos. A retomada de Lucrecio, durante o último século antes de Cristo, não foi o suficiente para se apresentar como alternativa a Platão e Aristóteles. Essa ideia somente foi retomada na renascença (LENOBLE, 1969).

Durante os séculos III e II antes de Cristo, o mundo greco-romano viu emergir o que se convencionou chamar de “os pitagóricos anônimos” (CIRNE-

LIMA, 2000). Foram autores que produziram textos pitagóricos apócrifos. Um desses textos toma como origem primeira das coisas a Mônada. Desta procede a Díade. De ambos são deduzidos os números. Deles vêm as dimensões geométricas. Destas são deduzidos os corpos sensíveis, cujos elementos são: fogo, água, terra e ar que se misturam resultando o cosmo animado e inteligência. Outro autor anônimo (citado por FÓCIO in CIRNE - LIMA, 2000) torna a Mônada como o Uno de onde tudo se deriva. Num segundo sentido a Mônada é o Uno que se opõe ao Dois (Díade), produzindo os números. Nesse caso o Uno é a Alma do Mundo.

Na segunda metade do século I antes de Cristo surge, principalmente em Alexandria e em Roma, o Neopitagorismo. Nele há a tentativa de, partindo de Pitágoras, se chegar até Platão e Aristóteles, considerando-os continuadores (ou mesmo pertencentes) à esta tradição. São eles Moderato de Gades (BAZAN, 1998; JURADO, 2003) e Nicômaco de Gerasa, de Alexandria, bem como Públio Nigídio Fígulo e Quinto Séstio, de Roma. Para esses pensadores tudo, inclusive a Díade, é derivado da Mônada por processão.

Também nessa cidade floresceu uma importante escola filosófica judaica, de 30 a.C. até 642 d.C. oriunda do encontro entre a cultura hebraica, o pensamento neoplatônico e o gnosticismo oriental. O mais eminente filósofo dessa escola foi também um dos mais importantes do início do século I d.C., Filon, o judeu, que bem antes da Patrística procurou conciliar questões da filosofia grega com temas judaicos e muito influenciou os filósofos platônicos posteriores, em especial, Plotino (GALLEGO, 2006).

Da segunda metade do século I a.C. até o fim do século II d.C., aparecem pensadores platônicos que ensinaram em Alexandria, sendo eles principalmente Plutarco, Apuleto e Albino. No resumo de suas ideias o Primeiro Princípio é Deus (Suprema Inteligência) que é o Uno, depois o Intelecto e, a seguir a Alma do Mundo. A tríade de Albino é um pouco diferente sendo: Primeiro Intelecto (Deus), Segundo Intelecto, o intelecto da Alma do Mundo (o mundo das ideias) e, a Alma do Mundo, e esta anterior à multiplicidade das ideias. A matéria que constitui o mundo no entanto não é derivada da Mônada (é dela coeterna) e é ordenada pela Alma do Mundo. Há, aí, em dualismo entre a matéria sem forma e o espírito que a organiza (GALLEGO, 2006).

Na tentativa de sintetizar a Escola Pitagórica com o médio-platonismo, Numênio de Apaméia, na primeira metade do século II depois de Cristo, apresenta uma metafísica composta por três Deuses. O Primeiro é o Pai, o Segundo, o Criador. O Terceiro, a Criação. Assim a Díade (o Criador) não procede da Mônada (o Pai) mas é coeterna desta. O Pai porém é indivisível e portanto o Uno. O Criador porém, entra na matéria, se torna divisível e se transforma na Criação. Esta tem um movimento circular, volta ao primeiro Deus, antecipando a trindade da Patrística já que os três Deuses (Pai, Filho e Criação) são um único Deus, uno e trino (CIRNE-LIMA, 2000).

Em Alexandria, no início do século III, Amônio Sacas ensina filosofia; este grande sábio identifica o cosmo formado por três planos: o das realidades supremas, o das realidades intermediárias e o das realidades ínfimas. Este monismo influenciou de forma decisiva o jovem Plotino, o qual era seu discípulo e que mais tarde viria a se tornar no maior filósofo do seu tempo (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

Para Plotino o princípio para tudo o que existe é o Uno: Deus, de quem tudo origina. Esta origem se fez através da processão. Durante as emanações, do Uno, há momentos que as emanações se fazem como que olhando para trás "lembrando-se" do Uno onde saíram. Esta parada é a conversão e, nesse momento se forma a hipóstase. A primeira hipóstase é o próprio Uno, a segunda é o Nous (inteligência) que faz com que o mundo seja inteligível. A terceira e última é a Alma, o princípio que anima a vida constituindo a essência das coisas sensíveis. Por fim, no final do processo encontra-se a matéria que não é uma hipóstase e sim o esgotamento de progressão. O homem produz a regressão e a conversão em si mesmo (GALLEGO, 2006; SILVEIRA, 2008).

Embora Plotino fosse panteísta, há, em seu sistema, lugar para o politeísmo em cujo aspecto foi acentuado por Porfírio e Jámblico. Este último ampliou o sistema de Plotino da tríplice possessão introduzindo novas tríades. O mesmo ocorreu com Proclo para quem o homem possui uma potência anímica superior à razão, o "Uno". Assim, como em outros filósofos, ele atribuiu à alma um corpo material e um corpo etéreo, incorruptível (BRUGGER, 1987). Foi Proclo que enfechou o neoplatonismo, dando-lhe sua última forma sistematizada.

A partir do II século d. C. os pensadores cristãos assumiram o trabalho de enfrentamento e superação da filosofia grega pagã. Mergulharam então em tal filosofia para subjugar-la. Em Alexandria, Antióquia, Constantinopla, Roma e Jerusalém formaram-se Escolas com esta preocupação. Era a Patrística (discutida por LARA, 1999), cuja constituição era de dedicados servidores da Igreja, os Padres. Seus principais representantes são: Inácio de Antióquia, Clemente e Orígenes de Alexandria, João Damasceno de Bizâncio e Irineu, Tertuliano, Hilário, Ambrósio, Jerônimo, Agostinho, Leão I, Gregório Magno e Isidoro de Servilha, todos latinos.

Agostinho, a maior figura da Patrística, segue a trilha de Plotino. Em suas *Confissões* ele tenta restaurar a certeza da fé através da razão durante a derradeira crise do império romano. A elaboração neoplatônica do cristianismo feita por Agostinho aprisionou a razão à fé e ofereceu aos bárbaros invasores e ao império decadente vários séculos de reflexão e discussão. Para Agostinho o Pai é o próprio Uno, o Filho é a Inteligência, que torna inteligíveis as coisas e o Espírito Santo é a Alma que dá vida aos seres. O homem, uma vez feito a imagem e semelhança de Deus, reproduz nele mesmo a trindade. A Existência (Pai), o Conhecimento (Filho) e a Vontade (Espírito Santo). Esta é livre e permite a capacidade criadora do homem. O pecado porém submete a alma ao corpo e a vontade humana é importante para salvá-la. Esta salvação é conseguida apenas através da iluminação pela graça divina. Dessa forma, Agostinho apresenta como solução para a compreensão do mundo a iluminação interior através da eleição divina (GILSON, 1952). Apenas a dissolução da natureza pelo neoplatonismo libertou Agostinho das tentações materialistas, tornando-a os vestígios divinos do Criador ou seja, resquícios da criação que transpõem o mundo físico, lar de personagens extraordinários simbolicamente expresso pelo valor moral do saber Divino (COSINI, 1975).

Após Agostinho o Império Romano já esfacelado, mergulha em um período de fragmentação e desordem. Os reis bárbaros destroem a rede de escolas que constituía o gerador da intelectualidade romana. No entanto alguns grandes pensadores, de influência neo-platônica sobrevivem. São eles o filósofo Pseudo-Dionísio que viveu no final do século V e início do VI influenciado pelo filósofo pagão Proco e que, por sua vez, influenciou várias gerações de filósofos medievais.

Boécio, o grande erudito, tradutor e comentador dos filósofos gregos clássicos no final do Império, Cassiodoro e Beda, o venerável (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

1.1.2 O ESTUDO DOS SERES VIVOS NA ANTIGUIDADE

A convivência do homem com as plantas é tão antiga quanto a existência humana, afinal uma das primeiras atividades sistemáticas do homem foi a coleta de vegetais para alimentação. Dessa prática veio a primeira fonte de conhecimento humano sobre as plantas. Era um conhecimento prático misturado a elementos míticos como todo o conhecimento antigo e tribal.

A história do estudo dos animais é parecida. Embora, os primeiros, à semelhança dos segundos, tenham uma relação muito antiga com o homem, essa relação se expressa de maneira um pouco diferente. Em princípio, animais, como as plantas, são alimentos. Mas eles se movimentam e, com isso, assumem um repertório imenso de ações. Tão complexas que, as comunidades humanas que os utilizaram, preferencialmente, como fonte de alimento (e vestuário, instrumentos, etc.) apresentam uma organização social diferente daqueles que se concentraram na exploração preferencial dos recursos vegetais. Caçadores e pastores se organizavam de forma diferente dos coletores e agricultores.

A experiência humana com seu próprio corpo é, também, igualmente, antiga. Junto à busca de alimento e proteção, o homem aprendeu a reconhecer e cuidar de seu corpo, e o de seus parentes, a preparar alimentos, remédios, instrumentos, tudo isto misturado ao seu conhecimento de plantas e animais e ao seu mundo mítico e ritualizado.

As sociedades tribais já pensavam no funcionamento do corpo, mas, seu entendimento vinha do pensamento mítico que compunha todo o universo. No entanto, é claro, o conhecimento factual sempre esteve presente em suas práticas onde o corpo participava, fosse na pintura, na alimentação, na dança, na cura ou no exercício. A etnobotânica é um bom exemplo desse conhecimento.

Mas, foi a partir das sociedades que dominavam a escrita que vieram as primeiras informações detalhadas acerca das preocupações sobre o corpo e seus processos.

A civilização egípcia adquiriu um grande conhecimento sobre o corpo humano. Seu conhecimento de anatomia humana em muito proveio da prática de embalsamamento. O primeiro médico de que se tem notícia foi Imhotep. Tinha noção de que o cérebro é o centro controlador do corpo (LEFEBVRE 1959). Na Mesopotâmia, atribuía-se ao fígado a origem das emoções. O coração seria a sede do intelecto. O mesmo acreditavam os hebreus (PESSOA JR., 2008).

Com relação às plantas, os textos mais antigos dos grandes impérios da antiguidade falam de jardins sagrados tais como os escritos babilônios do terceiro milênio a.C., nos quais tais jardins eram plantados em plataformas suspensas de grandes construções chamadas zigurates (MELLA, 2004).

Também os egípcios construíam seus jardins sagrados e os persas recriavam a imagem do universo em suas construções. Falam, também, da grande experiência no conhecimento do corpo humano, sobretudo entre os médicos egípcios. Apresentam, porém, tais conhecimentos integrando dentro de uma concepção mítica sobre homens, animais e plantas articulados com o restante da Natureza. Os estudos sobre seu conhecimento médico foram desenvolvidos a partir da descoberta de papiros que relatavam essas atividades a partir de 1875. Os principais foram o Papiro Ebers, o Papiro de Kahun, o Papiro de Berlin e o Papiro Smith (LEFEBVRE 1959).

Os gregos, como todos os povos antigos, também se utilizavam de plantas com propriedades curativas, mas, procuravam meios mais racionais de explicar e utilizar tais propriedades. Hipócrates descreveu no *Corpus Hippocráticus*, mais de cento e trinta tipos de plantas com propriedades medicinais. Aristóteles é considerado o primeiro a estabelecer um estudo sistemático sobre os seres vivos e, seu discípulo, Teofrástos, foi o grande estudioso de plantas da antiguidade.

O jardim romano trás um reflexo da visão prática desse povo, pois, além de elementos mitológicos, este apresentava, também, plantas medicinais e condimentos. Catão, o antigo, no II século a.C., em seu tratado *De Re Rustica*, descreveu cento e trinta plantas medicinais que mantinha em seu próprio jardim. Dioscórides, durante o primeiro século da era cristã, escreveu a *Demateria Médica*

onde descreveu 470 plantas, além daquelas que aparecem no *Corpus Hippocráticus*. É, pois, considerado o fundador da farmacognosia. Apicius, o fundador da gastronomia, corresponde a duas pessoas diferentes. Um, viveu entre 30 a.C. a 30 d.C.; o outro, de 98 a 117 d.C. Escreveu dez livros sobre a utilização de um grande número de plantas na cozinha. Galeno, e sua famosa farmácia galênica, e Plínio, o velho e sua *Naturalis Historia* de 77 d.C. completam o quadro geral dos estudiosos de plantas da antiguidade (BEAUJEU, 1959).

Quanto à origem dos seres, entre os gregos proliferou a ideia de que estes poderiam emergir a partir da própria matéria existente na natureza, não sendo, portanto, uma criação divina. Xerófanes de Colofonia (século VI a.C.) fala que os seres vivos saem do limo da terra. Anaximandro de Mileto explica que tudo deriva do Apeiron. Os animais se originaram no mar graças à ação do sol sobre este. Tinham casca com espinhos. Migraram para a terra e se transformaram. O homem teria vindo dos peixes ou animais semelhantes. Já, Anaxímenes de Mileto sustentava que o ar era a origem de todas as coisas. Anaxágoras de Clazômenas, para quem o mundo era constituído de infinitas combinações comandadas pelo Nous, via, nessas combinações, a origem dos seres vivos (MENEZES, 1992).

Para Empedócles de Agrigento, a combinação entre fogo, água, ar e terra, originavam os seres vivos. Tais combinações, orientadas pelos princípios opostos, o amor e a disputa, eram as responsáveis pelo aparecimento de diferentes seres. A evolução dos animais se daria em quatro etapas. Primeiramente, as várias partes dos animais surgiram separadamente (o amor está crescendo). Depois, as partes se unificam ao acaso, sobrevivendo somente aqueles que possuíssem meios para tal. Assim, a evolução dos animais ocorre no período do amor. Daí, a unidade é destruída pela disputa. Na quarta etapa, os sexos e as espécies já se separaram, e os animais passam a se originar da reprodução (BURNET, 1994).

Aristóteles trouxe, à discussão, a partir de seu sistema filosófico, as quatro causas que constituem todas as coisas da natureza, material, formal, eficiente e final. Entre os seres vivos, a causa última, final era a perfeição. A causa material era, pois, a matéria da qual o ser era constituído. Esta, nos seres de reprodução sexuada, vinha da mãe. Do pai vinha o sêmen, o qual continha o pneuma, que atuava sobre a causa material, dando-lhe forma. Era, então, a causa eficiente. O pneuma, por sua vez, era uma parte da alma que servia de ligação entre

esta e o corpo material e atribuía a este a propriedade da vida (MARTINS, 1990). Isto porque, para Aristóteles, o que torna o corpo material, vivo é a alma. Esta é dividida em várias partes: a alma nutritiva, a alma sensorial, alma sensorial e motriz, a capacidade de pensar e o intelecto (REBOLLO, 2006; MARTINS; MARTINS, 2007).

O pneuma, segundo o filósofo, se encontra em todos os seres vivos. É um “calor vital” e, portanto, também pode vir do sol e é a sua presença que dá vida ao corpo material. Os seres vivos o recebem de seu pai, mas, alguns podem recebê-lo de animais já mortos, ou mesmo, diretamente do sol. Está é a ideia da geração espontânea que, como recorda Martins (1990), não era uma ideia criada por Aristóteles e sim por Theophrastos de Eresos (372-287 a.C.).

A ideia da geração espontânea perdurou através dos séculos entre figuras iminentes, tais como: Diódoro da Sicília (século I a.C.), Lucrecio (95-53 a.C.), Virgílio (70-19 a.C.), Plínio, o velho (23-79 a.C.), Plutarco (45-125), Lactâncio (250-330), Basílio de cesaréia (330-369) e Agostinho de Hipona (350-430) (MENEZES,1993).

Por outro lado, o desenvolvimento da forma humana, para Aristóteles, era o resultado de algo bem parecido com o modo que os gregos faziam suas esculturas. Ela teria saído gradualmente de uma substância amorfa. Para ele a substância sem forma era o sangue menstrual e a ideia formante estava contida no esperma.

A ideia aristotélica sobre a criação e a reprodução do homem era, pois, resultado de sua visão, sobretudo, estética do mundo. Para Aristóteles era impossível explicar como eram as coisas sem se referir ao modo com que o homem moldou e ordenou o mundo ao seu redor. O homem encontra matéria prima nas substâncias brutas do mundo inanimado ao impor suas ideias e estas matérias, ele traduz, de forma concreta, as imagens que tem em mente. Essa ideia sobre a origem e o crescimento de feto foi chamado de teoria da Epigênese. Segunda ela as coisas vivas originavam de substâncias amorfas e nenhuma das partes (órgãos) poderiam existir antes que o processo de formação tivesse realmente começado. O pensamento aristotélico atravessou toda a Idade Média e o Renascimento.

Também na antiguidade havia outra teoria menos comum que dizia que certas partes já existiam antes mesmo que o artífice começasse a trabalhar. O

processo de desenvolvimento era então, em grande parte, juntar as partes pré-fabricadas e então, ampliar o jogo todo.

Quanto aos estudos sobre o corpo humano, a palavra fisiologia vem do termo grego *phýsis*, que significa natureza, que originou tanto a palavra *física* quanto a *fisiologia*, uma relacionada ao funcionamento do universo e a outra dos organismos vivos. Foram os pré-socráticos os primeiros a realizar um estudo racional da natureza e, por isso, denominados por Aristóteles de os fisiólogos, os “estudiosos da natureza” (HADDAD JÚNIOR, 2007).

Parmênidas entendia que o sexo masculino era produzido na parte mais quente do útero e era este elemento que preponderava no macho (BURNET, 1994).

A influência de Empédocles na medicina foi muito importante, não só nos aspectos da própria medicina mas também no pensamento científico da época. Sua doutrina fundamental foi a identificação dos quatro elementos como o quente e o frio, o úmido e o seco. Também sustentava que a respiração ocorria através dos poros do corpo, e que o ato da respiração está estreitamente ligado ao movimento do sangue. O coração era considerado o órgão da consciência. Uma das características da medicina dos seguidores de Empédocles era que eles ainda se apegavam a ideia de natureza mágica (BURNET, 1994).

Hipócrates (460 e 370 a.C.) no *Corpus Hippocraticus* elaborou a explicação na qual o corpo humano é constituído de quatro humores que se misturam: o sangue, a fleuma (catarro), a bile amarela e a bile negra, a doutrina dos quatro humores (HIPPOCRATE, 1844).

No período helenístico, Herófilo da Calcedônia (335-280 a.C.) e Erasítrato de Quios (310-250 a.C.), este discípulo de Estráton, que trabalharam em Alexandria na primeira metade do séc. III a.C., foram os primeiros a praticar a *dissecação* do corpo humano, e é provável também que tenham feito *visissecção* em criminosos. Posteriormente, em Roma, o médico Celsius defendeu a dissecação praticada pelos helênicos, mas condenou a *visissecção*. No período posterior, a dissecação do corpo humano decairia, mas há relatos de estudos de ossos de cadáveres em Alexandria ainda na época de Galeno. Fora de Alexandria, só a observação acidental de esqueletos permitia um exame da ossada humana (PESSOA JR., 2008).

Galeno de Pérgamo (129-20d.C.), o mais reverenciado médico do Império Romano, seguia a tradição de Hipócrates, estudou Erasístrato, e se inspirou em Aristóteles. Não tendo acesso a cadáveres humanos para dissecação, baseava suas conclusões nas observações e experimentações em corpos de animais. Sua fisiologia (de herança hipocrática) partia da distinção tradicional entre quatro elementos (terra, água, ar, fogo) e quatro qualidades primárias (quente, frio, seco, úmido). Seguindo Platão, identificou três faculdades da alma: o racional, ligado ao cérebro, centro do sistema nervoso, o animal ou espiritual, ligado ao coração, a fonte das artérias e o nutritivo, ligado ao fígado, fonte das veias (PESSOA JR, 2008).

Ele também se baseava na doutrina dos quatro humores e os três principais órgãos do corpo humano, eram o coração, o cérebro e o fígado. Seu modelo de explicação do funcionamento da circulação se sustentava na inferência de que o sangue, durante sua distribuição pelo corpo, passava do ventrículo direito ao esquerdo, através de minúsculos canais. Neste local, o sangue se misturaria com o ar vindo dos pulmões. Suas observações indicaram que o sangue era produzido no fígado, fruto dos alimentos vindos do intestino por absorção. Não havia, portanto, em seu modelo, a ideia de circulação sanguínea. Explicação que perdurou até o século XVII.

Outrossim, entre outras descobertas, Galeno ampliou a teoria da digestão, introduzindo outros elementos na visão exclusivamente mecanicista de Erasístrato. Destacou que na nutrição o alimento é inicialmente emulsionado em um “quilo”, para depois ser digerido (“*pepsis*”) e finalmente absorvido. Mostrou que as artérias também continham sangue. Distinguiu, ainda, o sangue venoso denso e escuro, do sangue arterial, mais leve, vermelho brilhante e imbuído de um “espírito vital” que seria produzido no coração a partir do ar respirado (PESSOA JR, 2008). Graças a esta prática experimental com animais Cláudio Galeno é considerado por alguns como o pai da fisiologia experimental. Esse esquema fisiológico foi herdado pela medicina medieval e árabe.

Também de grande influência durante toda a Idade Média foi Plínio, o Velho (23? a.C.-79 d.C.), o mais importante naturalista romano. Este estudioso escreveu a *História Natural* em 37 volumes e viveu no século anterior ao de Galeno. Suas descrições anatômicas tinham caráter enciclopédico, coletando

fatos sem intenção teórica específica. Ao lado de Aristóteles, e de Galeno, foi um dos autores mais influentes desde o período Greco-romano até o Renascimento.

1.2 O CONTEXTO DA IDADE MÉDIA

O fim do Império Romano é, segundo a maioria dos historiadores, um dos fatos históricos mais relevantes na caracterização do início da Idade Média. O Império centralizado em Roma foi se esfacelando aos poucos para, finalmente, se transformar em reinos bárbaros, cristãos latinizados. Seu sistema de governo passou a ser a vassalagem, o território dos feudos. Nele, os nobres recebiam feudos do rei e os administravam a partir de interesses comuns, utilizando, como mão de obra, o trabalho servil dos habitantes da região governada (PIRENNE, 1970).

Como explica o autor, para o governo desses reinos cristãos recém emergentes se estabeleceu uma aliança entre o clero e a nobreza. Desta forma, todo o poder exercido pelas famílias de nobres se encontrava associado ao Clero Católico. A Igreja, portanto, governava estes povos e a filosofia cristã passou a expressar o olhar desses governantes acerca do mundo. A forma de organização que a sociedade feudal tinha, pois, uma grande correspondência com a ordem filosófica sustentada pela Igreja.

O Império Bizantino, de início, sobreviveu ampliado. Mas logo os árabes diminuíram seu território, ocupando grande parte do Oriente Médio, norte da África e Península Ibérica, tornando, eles mesmos, o maior e mais importante Império da época (GIORDANI, 1992).

Tanto os cristãos romanos e bizantinos como os muçulmanos árabes elaboraram uma filosofia baseada na ideia de que a razão, oriunda do mundo Greco-romano, era Deus e a natureza sua expressão, apreendida por inspiração (de conteúdo neoplatônico) ou compreendida pela lógica (de origem aristotélica). E a hierarquização religiosa passou a justificar a organização feudal (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003). Esta situação perdurou na Europa por mil anos.

Pode-se dividir o período medieval cristão em dois momentos distintos. A Patrística, entre os séculos V e XII, onde o pensamento neo-platônico

influenciou os primeiros filósofos que buscaram consolidar a fé cristã numa perspectiva racionalista. E a Escolástica, entre os séculos XII e XV, cuja presença de Aristóteles, trazida pelos árabes, influenciou a construção da filosofia religiosa a partir do século XIII. Os escolásticos, no entanto, não abandonaram a tradição neoplatônica produzida nos séculos anteriores. Esta visão do mundo dominou o cenário europeu até o século XV (GILSON, 1952).

1.2.1 A PRIMEIRA FASE, SÉCULOS V AO XII

Durante a primeira fase da Idade Média (do século V ao XII) a Igreja construiu uma visão contemplativa da natureza, oriunda do neoplatonismo, principalmente de Agostinho, bispo de Hipona. Tal visão se expressava nos filósofos cristãos. Era a Patrística. Os pensadores medievais se concentraram na discussão da cosmologia cristã, acrescida de detalhes da ética, estética e da filosofia da natureza, quase sempre, a partir das concepções neoplatônicas agostinianas (GILSON, 1952).

Neste período, os principais protagonistas da produção do conhecimento acerca dos fenômenos naturais, foram os árabes. Do século IX ao XII suas escolas foram muito profícuas no esclarecimento de questões naturais ligadas às funções do corpo, aos animais e as plantas. Muitas teorias árabes antecederam aquelas produzidas pelos cristãos séculos depois. Foram, inclusive, os que primeiro se dedicaram com grande sucesso, ao método experimental, no estudo da filosofia da natureza, da alquimia, da botânica, da medicina, além da geografia, da matemática e da lógica, influenciando intensamente o Ocidente.

As guerras européias e as redefinições do espaço conquistado exigiram dos artesãos instrumentos cada vez mais precisos, dos armeiros um cálculo melhor para lançamento e pontaria de suas armas e dos agrimensores uma melhor elaboração da medida de sua área de mapeamento (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

Dentro deste cenário, Agostinho, no livro XI das confissões, elabora a ideia do Deus cristão, a partir (e, ao mesmo tempo, discordando) do Deus dos

clássicos gregos. Para os gregos, Deus é um organizador da matéria primitiva, amorfa, dando-lhe a forma do mundo. Para Agostinho, tudo é criação de Deus, inclusive a matéria amorfa, o espaço e o tempo. E, sendo o mundo uma criação Divina, o único meio para sua compreensão é a iluminação interior através da eleição divina (GILSON, 1952).

Dentro dessa argumentação, Anselmo explica que a razão é uma aproximação da salvação, ou seja, não se trata de procurar compreender para crer, mas, crer para compreender, pois, não se pode compreender se não acreditar. Quanto mais o espírito progride na inteligência e na fé mais ele se aproxima do Além. A fé, ponto de partida da procura, não é uma adesão seca das faculdades do conhecimento, está toda penetrada de afetividade de forma que a inteligência procura a verdade que o coração crê e ama. A intenção dessa procura é uma contemplação admirativa que floresce em amor. Dessa forma a dialética encontra-se integrada na investigação teológica já que reconcilia o estudo e a oração, a razão e a fé, a inteligência e o amor (JEAUNEAU, 1968).

1.2.1.1 O mundo árabe

O avanço árabe a partir de 632 se expandiu ao longo de todo o mediterrâneo, modernizando as relações comerciais e as atividades financeiras, daí o seu rápido sucesso. No entanto, seu modelo econômico baseado na mão de obra escrava, também não permitiu a manutenção de um império tão grande durante muito tempo e assim o mundo árabe foi, aos poucos se dividindo em reinos menores, porém, muito ricos (e poderosos) para os moldes europeus da época.

Esta riqueza produzida nos califados e emirados árabes gerou uma organização social compatível com os interesses do Estado no qual a educação e a cultura são traços indissolúveis. As questões fundamentais da ciência, ligadas ao interesse do Estado, como a medicina, a arquitetura, a engenharia, a tecnologia da guerra também se desenvolveram, além de importantes avanços nas áreas do direito, da administração pública e da política. Todas essas atividades exigiram uma sólida formação dos intelectuais árabes.

Os árabes, à semelhança dos bizantinos, possuíam uma importante educação institucional e importantes universidades e Centros do Saber baseadas numa orientação do helenismo com uma influência dos matemáticos hindus e chineses. Logo, estes povos apresentaram a sua própria (e original) contribuição à filosofia e à ciência da época. A herança judaica também foi relevante (HOURANI, 1994).

Segundo Al-Jabri (1999) a filosofia árabe-islâmica é, originalmente, uma reação ao discurso da aristocracia persa, cujas bases culturais vêm do zoroastrismo, da doutrina de Mani e de Masdak, utilizadas para desacreditar a religião islâmica. O jovem Estado Abacita em resposta adotou a doutrina mutazilista e, as obras científicas e filosóficas dos inimigos históricos dos persas, os gregos bizantinos.

Al-Ma'mun, o 7º califa abacita iniciou a sistematização do pensamento grego para a cultura árabe através da Casa da Sabedoria. (DEWDNEY, 1999). Ali foi o local de trabalho de eminentes pensadores como Hunain ibn Ishag, tradutor e médico cristão; os irmãos Banu Musa geômetras e tradutores; al Hallay tradutor dos *Elementos* de Euclides; Habash al-Hasib, promotor do trigonometria; Thabit ibn Quera, matemático e diretor do Observatório de Bagdá; al-Kindi e al-Farghani, escritores dos primeiros grandes tratados árabes de astronomia; al-Nairizi comentador do *Almagesto* de Ptolomeu e que desenvolveu o astrolábio esférico; al-Kuarizmi, o grande matemático árabe cuja obra "*O livro completo dos cálculos e equilíbrio e oposição*" estabeleceu as bases da álgebra até o período contemporâneo; ibn Querra o matemático que elaborou um teorema baseado no conceito dos "números amigos" que foi a base do teorema de Fermat, concebido séculos após (AL-FLAYLI in DEWDNEY, 1999).

Ainda neste período, como cita Badawi (1968), surgiu al-Kindi, o primeiro filósofo muçulmano que lutou contra os gnósticos e contra os doutores da lei (de tradição liberalista jurídica na teologia). Em seguida al Farabi, filósofo neoplatônico de porte que defendia a semelhança entre filosofia e religião. A primeira é dialética e retórica, a segunda demonstrativa. Seu sucessor é Avicena, o mais reconhecido filósofo e médico do oriente islâmico.

Para Avicena o pensamento, embora divino, transforma o intelecto passivo num intelecto adquirido, ao ser pensado, sendo este intelecto eterno após a

morte do corpo (PEREIRA, 2002). Como médico Avicena deixou uma obra fundamental para a formação médica utilizando pelas principais Universidades Ocidentais durante toda a idade média, “O Cânon”.

Assim, entre os árabes se formaram algumas escolas ligadas aos clássicos grego-helenistas, essencialmente racionalistas e outras adeptas da tradição e, portanto demonstrativas. Embora estas últimas fossem ligadas às provas de cunho religioso, o princípio demonstrativo pode ser deslocado para as ciências da natureza sem os limites impostos aos pensadores gregos por eles mesmos (ou, pelo menos, por aqueles que representam a ala mais conhecida dos pensadores clássicos). Em vista disso, os árabes se tornaram os precursores do método experimental. Sua maior expressão nesse campo foi al-Haytham, físico famoso por seus estudos em óptico experimental e precursor do conceito renascentista de perspectiva (RONCHIN, 1957).

Na Península Ibérica o desenvolvimento Andaluz se deu a partir do Califa Olmíada Aba Al-Rahaman III (Al Nāsir), em meados do século X. As lutas contra os Almorávidas e se distanciamento da influência do pensamento oriental favoreceram as matemáticas, a astronomia, a medicina e a lógica. Essa ausência do enfrentamento entre a razão e a “transmissão”, a polêmica fundamental entre os filósofos do Oriente, permitiu aos sábios de Cordoba desenvolverem um pensamento sem os problemas da teologia dialética e de fundo gnóstico do neoplatonismo oriental (AL-JABRI, 1999).

Essas condições permitiram a Averróis compreender Aristóteles e tornar-se seu comentador. Também por isso o sistema do “*Filósofo de Córdoba*” se apresenta como um acordo entre a fé e a razão, permitindo um desenvolvimento autônomo da filosofia, da mesma forma que outro grande filósofo Andaluz, Avempace, já afirmava. A interpretação aristotélica de Averróis o levou a concluir a negação da imortalidade da alma. Sua justificativa parte da premissa aristotélica de que o pensamento vem do intelecto agente, impessoal e comum a todos, que pensa dentro de cada um. O homem, por sua vez é um animal racional e mortal, por ser temporal. Dessa forma o averrorismo acaba sendo uma negação ao dogma religioso (KOYRE, 1944).

Por esses mesmos motivos na Espanha mulçumana se desenvolvem ciências mais originais do que aquelas desenvolvidas no Oriente. E aí

que al-Zargali (Azarquiel) constrói as tábuas astronômicas (as tábuas Toledanas), logo traduzidos para o latim e, até Copérnico, indispensáveis para a astronomia ocidental (GROS, 1992). Surgem também estudiosos de plantas e de efeitos de substâncias como Ibn Baintar, de agricultura como Ibn Al'Awam, e médicos como Ibn Jjobair e Abu Hamid (PERROY, 1965).

Aí também figuram importantes filósofos judeus como Salomão Ibn Gabirol ou Avicbron de inspiração também neoplatônica (LARA, 1999), que trata da composição das substâncias simples e da matéria e da forma universais, sendo que a matéria é constitutiva de toda a espécie enquanto a forma lhe dá sua individualização. Esta forma é eminente da vontade (primeira emanção de Deus), e da forma emanam todos os seres vivos. Ibn Gabiron é considerado o sucessor de Avicena (AZEVEDO, 2000).

Outro filósofo, talvez o maior entre os judeus é o cordovez Mosés Ben Mainon ou Maimônides cuja obra "*O guia dos Perplexos*" exerceu profunda influência em Tomas de Aquino entre outros filósofos cristãos. Era um aristotélico com algumas características neoplatônicas. Sua intenção foi, a partir de Aristóteles, conciliar os valores religiosos com as conclusões científicas e filosóficas (GILSON, 1995). Quase toda a comunidade de rabinos rejeitou o pensamento deste que foi um dos maiores pensadores do seu tempo (TELLO, 1992).

Em que pese o grande avanço produzido pelos árabes, a cosmologia árabe e judaica, não se distanciou dos pensadores clássicos. Não há também aqui uma separação entre as ideias e as coisas que constituem o mundo. É a ideia aristotélica e suas estrelas fixas que explicam o mundo físico. E esta visão é tão forte que, segundo al-Flyli (narrado por DEWDNEY, 1999) mesmo astrônomos célebres como al-Tusi de Maragha e ibn Aflah de al Andalus, percebendo e criticando a discrepância entre a teoria de Ptolomeu em suas observações, não puderam resolver a questão por não serem capazes de abandonar as ideias aristotélicas de que as estrelas eram fixas numa esfera giratória, ou seja o movimento celeste da física de Aristóteles.

1.2.1.2 Estudos sobre o corpo humano

No início da Idade Média, o médico Aécio de Amida, da corte do imperador bizantino Justiniano, escreveu uma vasta enciclopédia a qual se encontram descritas as primeiras tentativas de estudos neurológicos e importantes estudos de oftalmologia, ginecologia e cirurgia oncológica. Outro importante médico da época foi Alexandre de Trales, observador, ordenador e lógico para quem os fatos deviam comprovar a teoria. Outros como Paulo de Egina, Teófilo Protospatario, Estevão de Atenas, João e Estevão de Alexandria não devem ser esquecidos (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

Após este brilho inicial de Constantinopla, os árabes (e, mais tarde, também os judeus) do oriente e da Espanha, se destacaram na medicina, influenciando intensamente o ocidente. Graças, ao menos em parte, à sua prática experimental e aos seus conhecimentos da medicina grega, persa e indiana.

Foram muitos os médicos árabes, que produziram no sentido de elucidar o funcionamento do corpo humano durante o primeiro período da Idade Média. Dentre vários, Rhazes (865-925), Al-Majusi (925-994), e Avicena (980-1037) (segundo PRIORESCHI, 2006) e Albucasis (936-1013), Avenzoar (1091-1161), Averbóis (1091-1161) e Maimômades (1135-1204) (OLIVEIRA, 1981), possivelmente, tenham sido as figuras de maior vulto de todo o Islã. Quiçá, de todo este período da Idade Média.

1.2.1.3 Estudos sobre animais e plantas

Uma ideia comum entre os europeus era a origem dos seres vivos por geração espontânea, a qual perdurava no mundo cristão desde a antiguidade. No primeiro período da Idade Média, alguns de seus maiores pensadores, tais como Isidoro de Sevilha (570-636), Avicena (980-1037), Pedro Lombardo (1100-1160), defendiam a ideia da geração espontânea (MENEZES, 1993).

Também era comum a explicação desta origem com a Cadeia do Ser, uma ideia elaborada tendo como referência inicial o Timeu de Platão. Corresponde a origem do cosmos como obra de um deus artesão partindo de um modelo ideal (a essência). O essencialismo de Platão está presente na teologia cristã por meio do neoplatonismo dos Padres da Igreja, no qual Deus é O Criador de todos os seres vivos em uma escala gradual e perfeita, partindo da matéria inanimada, passando pelas plantas, animais, humanos, anjos e seres superiores. Todo ser tem seu lugar estabelecido de acordo com o plano de Deus.

O conhecimento das plantas neste período estava muito ligado à medicina. E, assim sendo, os bizantinos, herdeiros da cultura greco-romana, continuaram sua tradição do conhecimento e utilização das plantas medicinais e apresentaram-na aos árabes. Estes receberam, também, a influência dos persas e indianos, além da sua própria experiência, produzindo uma formidável quantidade de conhecimentos nesta área. Integrada à escola muçulmana de medicina. Além desse aspecto medicinal, árabes e bizantinos estudavam os vegetais com os olhos voltados, principalmente, para a agricultura (STRESSER-PÉAN *et alli*, 1959).

No restante da Europa, eram as igrejas e mosteiros os centros da atividade social onde se construía pomares e hortas e, ainda, jardins de plantas medicinais (jardins dos simples) e ornamentais. Santa Hildegarda, representa este período, cujos tratados, conhecidos pelo nome de *Physica*, resumem os conhecimentos antigos e revelam as virtudes de algumas plantas. Neste período, as plantas eram classificadas conforme sua utilidade (alimento, remédio, vestuário, moradia, veneno, rituais, etc.) (DAMIÃO FILHO, 1993).

Por este tempo, o trabalho de Al-Jahiz (776-869), "*Livro dos animais*", é, sem dúvida, um dos mais importantes textos escritos sobre animais do período. Nesta obra, o autor discorre sobre temas variados, ressaltando aqueles que dizem respeito à organização social de insetos (especialmente formigas), à psicologia, a comunicação animal e aos efeitos da dieta e do clima (VERLAG, 1969). Segundo Bayrakdar (1983) Al-Jahiz, inclusive, formulou uma teoria das transformações das espécies a partir dos efeitos do meio ambiente e da luta pela sobrevivência. Foi, segundo o autor, o precursor das teorias evolutivas dos séculos XVIII e XIX. Bayrakdar (1983), no entanto, resgata a informação de que teria dados

os primeiros passos no campo do pensamento evolutivo neste período foi Al-Nazzam, anos antes. Uma teoria acabada seria apresentada por Al-Jahiz.

Dentro da concepção medieval, os animais e as plantas, estão no mundo para servirem os homens, é a ideia bíblica que prevalece nesse período e, são classificados segundo sua utilidade (alimento, transporte, tração, guarda, guerra, etc.). Bem mais que os vegetais, os animais estavam sujeitos às lendas, mitos e fábulas de conteúdo moral cristão. E assim, durante toda a Idade Média, eles povoaram o imaginário popular com uma literatura denominada de Bestiários Medievais (VARANDAS, 2006).

1.2.1.4 Turcos, cruzados e mongóis

Na Ásia, durante o século XI os turcos seldjúcidas derrubaram o velho Império Abassita e estimularam um pensamento mais submetido à visão conservadora do Islã através da criação de um grande número de escolas, as madrasas, encarregadas de promover a ortodoxia e formar dirigentes administrativos (PEROY, 1965). São fortalecidos os pensadores místicos oriundos do gnosticismo transformado em sulfismo. Suhraward de Alepo-Abul-barakat al-Baghdadi e al-Baghdâdi são os últimos filósofos de uma época já sem o brilho da idade de ouro do pensamento muçulmano (LIBERA, 1993).

O governo seldjúcida atraiu para o Oriente Médio os cruzados armados pelo interesse econômico cristão, cuja intolerância acerca de cultura oriental favoreceu a consolidação de um pensamento islâmico também intolerante acerca dos filósofos cristãos e mesmo muçulmanos racionalistas. No entanto, embora a vida do livre raciocínio enfraqueça até a sua extinção, as formas literárias e a narrativa histórica árabe e persa sobrevivem como mostram Ibn al-Calanisi, Usana ibn Munquid, al Isfaani e Ibn al- Athis, entre muitos outros intelectuais árabes. No lado persa emerge um de seus maiores pensadores, Omar Khaiam, matemático, astrônomo e poeta além de Nizami e Sá di entre outros (PEROY, 1965).

A partir de 1242 o invasor mongol dificultou ainda mais a emergência de filósofos originais no Islã Oriental. Durante este período Nasir al-Din al-Tusi comentou Avicena, Euclides e Ptolomeu e ainda escreveu um tratado de sulfismo. Ibn Taymiyya produziu um ensaio de lógica alternativa não aristotélica denominado “*O livro da refutação da lógica*” e foi um forte defensor de posições teológicas conservadoras. Era o ocaso da filosofia muçulmana (LIBERA, 1993).

Estas guerras colaboraram muito para uma mudança da fisionomia da Europa medieval, tanto econômica, quanto política e social. Após o final dos conflitos os Impérios Árabe e Bizantino tinham, praticamente, se acabado. Turcos e mongóis se tornaram importantes atores na história da Europa e as repúblicas italianas se fortaleceram mais do que nunca. A velha ordem medieval estava, pois, em franco declínio.

No início do século XII, importantes tendências filosóficas, oriundas dessas modificações econômicas, sociais e culturais, acontecem na Europa. São elas, a Escola de Chartres, a Escola de São Vitor e o Movimento Cisterciense. Todos de tendência neoplatônica (GILSON, 1995). Esta herança apresenta o mundo como uma expressão Divina cuja única maneira de entender sua essência é pela fé (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

No final do século XII, a natureza já começa a ser vista com um olhar mais racional. Era a ocasião do contato da Europa com a tradição aristotélica trazida pelos árabes e traduzida pelas escolas de Toledo e do sul da Itália (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003). Neste período, na Europa, foram fundadas as primeiras universidades: Paris, Bologna e Oxford, por volta de 1200. Produzindo importantes avanços no estudo da Natureza.

É interessante destacar a influência do experimentalismo árabe sobre os pensadores da Universidade de Oxford, principalmente os neoplatônicos Grosseteste, Roger Bacon e Duns Escoto a partir da relação indução-dedução do Aristóteles árabe (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

1.2.2 A SEGUNDA FASE - SÉCULO XIII E XIV

Na segunda fase da Idade Média (do século XIII ao XV), o que se produzia eram os conhecimentos filosóficos inscritos numa visão de mundo teológica, principalmente aristotélica, cujas ideias estruturantes eram as quatro causas constitutivas das coisas do mundo: material, formal, eficiente e final.

As coisas possuíam, assim, potência e ato e se dirigiam ao seu lugar natural no mundo de onde saíram somente através de uma força não natural. O movimento ocorria devido ao esforço que as coisas faziam para retornar ao seu lugar de origem quando dele retiradas. Todas essas coisas eram constituídas pelos quatro elementos básicos: o fogo, a terra, a água e o ar; e eram dirigidas pelas ideias que as governavam. No mundo sublunar tudo se movimentava com uma intenção. Era a teleologia. No céu, as estrelas fixas se movimentavam de forma perfeita, através da quinta essência, o éter. O sistema de Ptolomeu se prestava à explicação desses movimentos perfeitos. O método aristotélico pressupunha a existência da causalidade, da não contradição e consistia na obtenção das informações sobre a natureza a partir da indução e de sua organização pela dedução.

Boaventura resgata Aristóteles, colocando-o, no entanto, abaixo de Platão. No *“Itinerário do Espírito para Deus”* (de 1259), Boaventura descreve o caminho que vai do exterior (coisas sensíveis) para o interior (alma) e do interior para o transcendente (Deus). As coisas são os vestígios de Deus; a alma é a sua imagem para atingir Deus em si mesmo (JEAUNEAU, 1968).

Mas é Alberto Magno quem recupera a física, a metafísica e a metodologia de Aristóteles. Dessa forma, a física de Aristóteles com o universo finito, a inexistência do vazio, o éter como 5º elemento, a teleologia, o geocentrismo, a propriedade de mudança das substâncias de potência para ato (fortalecendo a ideia da transformação de coisas inanimadas em animadas), a Astronomia de Ptolomeu (baseada em Aristóteles com suas estrelas fixas) e a geometria de Euclides também passam a orientar a cosmologia medieval (LIBERA, 1993).

Tomás de Aquino também substituiu o Deus pensador de Aristóteles por um Deus criador e um mundo criado, a base de todo pensamento tomista que prevalece pelos três últimos séculos da Idade Média (KOYRE, 1944).

Assim, durante o período inaugurado a partir da chegada de Aristóteles à Europa cristã, a cosmologia se dividiu em uma física predominantemente aristotélica e uma metafísica neo-platônica ou aristotélica. A discussão entre neoplatônicos e aristotélicos talvez possa ser resumida na seguinte afirmação. Para os primeiros a ideia (o logos grego) é Deus e as coisas físicas do mundo são a Sua expressão, entendê-las é entendê-Lo através da atividade contemplativa da oração. Já, para os segundos o logos é Deus e as coisas físicas do mundo agem sobre Suas intenções. Entendê-las é entendê-Lo através de um retorno à observação e a lógica.

A natureza observada e a natureza pensada se constituíam na mesma coisa porque, elaborada tanto pelo platonismo como por Aristóteles, a realidade física era simbolicamente ligada ao mundo religioso e moral (LENOBLE, 1969). Seja como for, a base da cosmologia do período medieval continua grega e as ideias e coisas continuam fundidas, sendo quase impossível distingui-las (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

Assim, após o período inaugurado a partir da chegada do Aristóteles árabe à Europa cristã, a cosmologia se dividiu em uma física, predominantemente, aristotélica e uma metafísica neoplatônica ou aristotélica. Já a epistemologia se dividiu entre um neoplatonismo com certa preocupação experimentalista acentuada no princípio árabe da demonstração e um aristotelismo ligado à observação e à construção de argumentos lógicos (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

Ao lado das reflexões filosóficas, outra preocupação presente entre os sábios (inicialmente, os árabes e, mais tarde, também entre os filósofos cristãos) era a alquimia. Em paralelo com as preocupações místicas, esta prática, trouxe à luz muitas observações e experimentações ligadas às propriedades dos elementos químicos. E, ao elucidarem tais propriedades a aplicavam na medicina, muitas vezes com sucesso, mesclando frequentemente as explicações filosóficas à magia e à astrologia, traços desse tempo. Esta prática experimental era, assim, sustentada por uma teoria mística (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

Os artesãos do século XIII, ao contrário dos filósofos, procuravam transformar o mundo a partir das necessidades práticas da época. Quase toda esta tecnologia foi descrita em tratados na forma de manuais versando sobre as principais atividades (e necessidades) materiais que se exigiam na Europa da época. Estes autores foram denominados pelos historiadores de construtores iletrados, os quais possuíam uma prática experimental sem uma teoria do conhecimento que a justificasse (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

No século XIV, os filósofos começaram a levantar a questão da vontade frente à razão, o indivíduo frente ao universal, à liberdade frente à ordem das inteligibilidades. Guilherme de Ockham, afirma que o sujeito cognoscente e sua experiência acerca do objeto é que são responsáveis pela explicação do conhecimento. Desta ideia nasce o nominalismo que representa um importante papel na construção da ciência experimental (LARA, 1999). Filósofos humanistas de influência bizantina, também, aparecem neste período.

1.2.2.1 Estudos sobre o corpo humano

Abu-Alhassan Alauldin Ali Bin Abi-Hazem Al-Quarashi, conhecido como Ibn al-Nafis (1210-1288) sustentou que o sangue fluía desde o ventrículo direito através da artéria pulmonar para os pulmões, onde se misturaria ao ar, e retornaria pela veia pulmonar à câmara esquerda do coração para formar o espírito vital. Cabe, pois, a Ibn al-Nafis a descrição pioneira da circulação pulmonar no século XIII, contrariando a teoria de Galeno 1.000 anos após (WEST, 2008).

Na Europa, no entanto, poucas foram as dissecações públicas de cadáveres para fins de observação do funcionamento de órgãos. Casos excepcionais foram os de Henri de Mondeville (1260-1320), professor da Universidade de Montpellier e Mondino de Luzzi (1275-1326), professor de Anatomia da Universidade de Bolonha (SENET, 1964). Seu livro "*Anatomia da Cabeça aos Pés*", de 1316, foi o 1º manual de anatomia e fisiologia dessa nova era, embora se baseasse em Aristóteles e Galeno (CHOULAND, 1920).

1.2.2.2 Estudos sobre animais e plantas

A partir do século XIII, João de Sacrobosco, Alberto Magno e Tomás de Aquino foram os principais difusores da física de Aristóteles com o universo finito, a inexistência do vazio, o éter como 5º elemento, a teleologia, o geocentrismo, a propriedade de mudança das substâncias de potência para ato (fortalecendo a ideia da transformação de coisas inanimadas em animadas). A astronomia de Ptolomeu (baseada em Aristóteles com suas estrelas fixas) e a geometria de Euclides também passam a orientar a cosmologia medieval (LIBERA, 1993). Dentre estes, Alberto Magno escreveu *De Vegetabilis et Plantis* e *De animalibus* (por volta de 1260). Seus trabalhos de botânica são tão importantes quanto os de Teofrasto. Neles, o autor reforça a importância da experimentação no conhecimento. Sendo um pensador aristotélico, Alberto Magno tinha como objetivo entender o mundo natural construído por Deus para compreender o plano divino.

1.2.3 O SÉCULO XV

No século XIV o grande Império dos califas de Bagdá no oriente era apenas uma sombra. Em Tunis, nascia Ibn Khaldun, que estudou as condições econômicas, sociais, políticas do norte da África a partir das observações empíricas descritas em seus "*Prolegomênes*", a principal obra sobre a Ciência da História desde Tucídides (LACOSTE, 1966). Logo após este período os turcos otomanos ocuparam o mundo árabe e assumiram definitivamente a rigidez do pensamento conservador dos doutores da lei. A partir de então a ideologia produzida pelos europeus, rivais dos interesses muçulmanos na África e na Ásia, procurou distanciar o pensamento árabe do europeu, desvalorizando o papel dos filósofos do Islã na construção da filosofia europeia (HOURANI, 1994).

Na Europa, os artistas, durante o século XIV, inventaram a perspectiva baseada numa teoria grega interpretada e ampliada pelo físico árabe Al-Haytham (CROSBY, 1997). No século XV, por sua vez, a pintura se aproxima da

matemática. É dessa combinação entre o artista e o conhecimento dos materiais necessário à sua arte que nasce Leonardo da Vinci, sintetizando a união entre o saber teórico, a execução prática e a experiência, emergente na renascença (ROSSI, 1971). A geometrização do espaço expressa uma nova forma de representar e conceber o mundo. A partir daí, os artistas, principalmente italianos, partindo dos clássicos gregos e árabes, criaram a perspectiva no desenho, possibilitando a matematização do espaço. Influenciado pelo pensamento grego clássico e pelos últimos filósofos bizantinos, os pensadores italianos, como uma reação à escolástica, passaram a elaborar um pensamento humanista.

Por outro lado, em torno do início do século XV, o sistema feudal caminhava para o esgotamento indicando transformações radicais. De fato, eram as condições objetivas da Europa que exigiam tais mudanças. O modo de produção feudal não respondia mais à economia, a sociedade e a política europeia. Comerciantes e banqueiros tomavam o poder do clero e da nobreza enquanto as cidades cresciam em detrimento dos feudos. A mão de obra servil era substituída pelo trabalhador assalariado em função da demanda por manufaturas vinda de uma burguesia ascendente. Os turcos otomanos haviam tomado Constantinopla, estabelecendo novas taxas comerciais para o comércio de produtos asiáticos e seus exércitos ocupavam a Europa central. Neste cenário emergem a navegação portuguesa e espanhola.

A questão da navegação foi fundamental para as transformações que culminariam na revolução científica do século XVI ao XVIII. Isto porque, durante o século XV, Dom Henrique, príncipe de Portugal, contratou mestres judeus, árabes e italianos para um projeto nacional de navegação. Os trabalhos produzidos por este grupo se basearam na mistura entre o conhecimento teórico dos matemáticos, geógrafos, astrônomos e as práticas da construção de instrumentos de precisão, de canhões, de construção naval, de mapas e as técnicas de navegação (BENSAÚDE, 1914).

E, o novo mundo descoberto trouxe consigo novas interrogações. Questões que a escolástica não conseguia responder (ALMEIDA, 2000). Assim as navegações colocaram em questão a autoridade medieval sem apresentar um novo paradigma. Era uma prática experimentalista sem sustentação teórica e, ao mesmo

tempo, uma nova percepção de mundo sem uma cosmologia definida (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

A partir do período das navegações, quando os europeus entraram em contato com a extraordinária flora e fauna das regiões da América, África e Ásia, a escala gradual e perfeita assumida começou a se mostrar insuficiente para explicar a origem e o propósito da existência dos seres vivos (PAPÁVERO; TEIXEIRA, 2001).

As novidades trazidas desse novo mundo tornaram-se textos de viagem de interesse geral e humanista. Muitas obras foram escritas, descrições históricas e geográficas, cartas diplomáticas, romances e poemas, todas a partir das informações desses navegadores (RADULET, 1992). E, um novo universo construído por artesãos, arquitetos, engenheiros, artistas, navegadores e filósofos foi se colocando aos olhos dos europeus.

Quando os canhões começaram a exigir cálculos para se prever e ajustar a trajetórias de suas balas, o modelo aristotélico não conseguiu responder adequadamente ao problema. As trajetórias desenhadas segundo a ideia do movimento proposto por Aristóteles não se revelou correta. O modelo estava, pois, errado. Os cálculos necessitavam de outro modelo de explicação do mundo o qual pudesse descrever corretamente o comportamento das balas de canhão e prevêê-las adequadamente. Foi o matemático Tartaglia, em suas obras *Nuova Scientia (de 1537)* e *Quesiti et inventioni diverse (de 1546)* quem, pela primeira vez, formulou as questões matemáticas capazes de solucionar tal problema (GUTIÉRREZ, 2007).

Outras tantas situações no mundo europeu apresentaram desfecho semelhante. O mundo escolástico-aristotélico era insuficiente para explicar a complexidade do mundo do século XVI.

Assim, as condições sócio-históricas da Europa a partir do século XVI favoreceram a produção de um tipo de conhecimento capaz de responder as necessidades da época, diferente daqueles até então produzidos. Por todas essas mudanças se inicia a construção de um novo universo, um novo método, um novo conjunto de conhecimentos e uma nova comunidade de pensadores.

Os canhões da artilharia turca e dos navios portugueses e espanhóis silenciaram os tempos feudais, expandem o mundo e, associados a toda

a Europa, iniciam uma nova era – o capitalismo mercantilista (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

Também nasce um tipo novo de conhecimento oriundo da fusão entre a visão de mundo e o método do entendimento das coisas (que vem da filosofia) dos manuais práticos da agricultura, mineração, agrimensura, navegação, construção de armas; da construção de mapas; das descobertas das representações pictóricas em perspectiva; para as soluções matemáticas para a navegação e balística. Um conhecimento que funde a teoria filosófica com a prática dos manuais iletrados com preocupações de resolverem problemas concretos acerca dos fenômenos naturais (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

O final do feudalismo foi também o final do pensamento escolástico que o legitimou. O modo de produção capitalista modificou e introduziu novos elementos no olhar sobre a natureza. Novas máquinas de guerra, nova organização econômico-financeira, nova espacialização demográfica e geográfica, modernização do sistema de produção acenaram para a elaboração de uma nova visão de mundo e, conseqüentemente, de natureza. Se outrora a velha escolástica proclamava a natureza como uma expressão divina, as novas ideias a colocavam a serviço do homem.

A Igreja católica, que, se utilizava da cosmologia aristotélica como forma de explicação do mundo, começou a perder o seu papel de sustentáculo ideológico do feudalismo. Ao ruir a rígida hierarquia clero – nobreza / homem livre – servo, o rígido sistema astronômico-físico aristotélico, também se desfez.

Em seu trabalho “*As Filosofias do Renascimento*” (publicado em 1971), Heline Védrine discute essa nova concepção do mundo. Nicolau de Cusa, Marcelo Ficino, Pico Della Mirândola e Pomponazzi são alguns dos mais ilustres neoplatônicos e aristotélicos em franco desentendimento com a escolástica. Os constantes choques entre a fé e a razão acabam por liberar essa última da primeira.

Embora não sendo matemático, Nicolau de Cusa prenuncia uma concepção matemática do mundo considerando que Deus criou tudo com conta, peso e medida. Afirma também que o sol e não a terra encontra-se no centro das esferas terrestres. A estrutura matemática dessa nova concepção do mundo é apresentada por Copérnico. Assim, o sistema astronômico de Ptolomeu está abalado. Mas, se a Terra não é o centro do universo por que pensar num novo

centro? Por que pensar em um universo finito, fechado e limitado como diziam Platão e Aristóteles? O universo não pode ser infinito? Com esta questão Giordano Bruno em sua obra “*Sobre o Infinito, o Universo e os Mundos*” (de 1584) abala a física aristotélica e acaba condenado à fogueira.

A velha ordem das coisas está sendo atacada por muitos pensadores como Erasmo de Roterdan, Rebelais e Montagne enquanto outros como Lutero, Calvino, Tomas Morus e Maquiavel apresentam novas propostas e novas explicações. A Igreja perde terreno para os comerciantes e os banqueiros. Os camponeses migram aos milhares para a cidade inviabilizando a produção auto-suficiente dos feudos porque o modo de produção feudal não é mais compatível com a realidade europeia. As corporações de artesãos se proliferam em função do crescimento urbano e o trabalho manual atinge posição de destaque nesse período.

Assim, o ser humano, outrora assustado e submetido o inexorável poder de um Deus cuja Igreja católica é seu representante na Terra e se utiliza da cosmologia aristotélica transformada em doutrina como forma de explicação do mundo, começa a se libertar. É o renascimento e o homem renascentista é livre sem ser preciso ser religioso ou nobre, basta que seja rico. A liberdade do homem se reflete no seu conceito de universo, a igreja reage, e perde.

Enquanto os artesãos produzem técnicas e instrumentos cada vez mais importantes para a estrutura econômica e social europeia, os filósofos, na trilha de Copérnico, pesquisam uma nova ordem no universo outrora aristotélico. É nesse cenário que surge Kepler, essencial no duelo entre a concepção copernicana e a concepção ptolomaica da astronomia e da física. Kepler, que, influenciado por Tycho Brahe, retoma a geometria das seções côncavas de Apolônio de Pérgamo (CHASSOT, 1994). Ele substitui o Cosmo de Aristóteles e Ptolomeu por um Universo regido por leis matemáticas estabelecidas por um Deus platônico (KOYRE, 1951). Nesse duelo, como ressalta Koyré (1973), o que importa é a substituição do Cosmo estruturado e hierarquizado de Aristóteles por um Universo regido pelas mesmas leis em toda a sua extensão. No entanto, para Koyré (1973), Kepler é um filósofo tipicamente renascentista cuja grande novidade é a ideia de que todo o universo é matemático e regido pelas mesmas leis, à maneira de Platão o Deus de Kepler constrói o mundo de forma geométrica.

Assim, a concepção do novo cosmo estava “quase” pronta. Os filósofos renascentistas o elaboraram matemático e mensurável e os artesãos já possuíam técnicas para a construção de instrumentos capazes de medi-lo. A ideia da medida já amadurecera entre os geógrafos, os navegadores e os agrimensores. E, o modo de entender suas particularidades através da experimentação também já estava presente entre os navegadores, artistas e outros mestres artesãos (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

1.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

No presente capítulo buscou-se enfatizar os elementos que contextualizam a constituição do conhecimento acerca dos seres vivos na antiguidade, observando a influência que a organização social e a visão de mundo (de Natureza) têm neste processo de entendimento da realidade.

O modo de o homem ver o mundo, como visto, recebe influência de seu modo de organização social, assim foi com os babilônios, egípcios, persas, gregos e romanos. Entre os gregos, a polis suscitou uma concepção menos mítica e mais racional do mundo (VERNANT,1987). Esta racionalidade foi a base da invenção da filosofia.

Dentre os vários sistemas concebidos pelos gregos, aqueles de maior impacto foram os de Platão e de Aristóteles. Platão, sintetizando os filósofos anteriores, dividiu o mundo em mundo das ideias e mundo das coisas. O primeiro continha a essência enquanto, o segundo, as expressava, deformadamente, em forma de coisas sensíveis. O conhecimento vinha da lembrança desenvolvidas através do diálogo. Aristóteles falava de um mundo dividido em duas partes, superior e inferior. A superior tinha movimentos perfeitos (o mundo supra-lunar), era o lugar das estrelas fixas (e do deus pensante). A inferior (o mundo sub-lunar) era o mundo das sensações comuns, no qual as coisas tinham potência e ato, e, caminhavam em direção a seu lugar natural (a teleologia). O conhecimento vinha da observação, da construção subsequente, de proposições, da dedução e, finalmente, das generalizações desta. Estas duas visões de mundo, com algumas variações,

representaram, entre o século IV a.C. e o V d.C., a concepção de mundo desta época.

O conhecimento acerca dos seres vivos (inclusive o homem) estava inserido nesta concepção racionalista. Assim, na visão platônica os seres vivos estão representados pela relação aparência e essência e na visão aristotélica possuem as causas material, formal, eficiente e final. Este pensamento fornece ao ocidente duas noções fundamentais: a ideia de essencialismo e de teleologia, cuja base era construída sobre esta concepção de mundo. Isto que servirá de alicerce para a compreensão dos seres vivos por toda a Idade Média até o mecanicismo.

Ao olhar para a antiguidade algumas preocupações foram formuladas, como a questão da origem dos seres vivos, sua relação com o meio ambiente, a questão da herança, assim como o interesse pelo estudo sobre o corpo humano, dos animais e plantas. Assim, das relações com as plantas, os animais e os semelhantes humanos, a precursora que se destaca de forma relevante para a construção da Biologia é o estudo de sua natureza física. A compreensão de como os seres vivos se originaram, se constituem, se reproduzem, se processam e se relacionam entre si e com o meio em que vivem.

O que pode se atentar a partir do sucinto sobre a Idade Média é a grande dificuldade que a Europa teve para produzir seu conhecimento sobre a natureza e a vida. Sobretudo durante a primeira fase (do século V ao XII) a vigilância da Igreja e seu pensamento essencialmente metafísico, ético e estético, prevaleceram e, mesmo, dificultaram o desenvolvimento dos meios para esta compreensão. Os árabes, que não estavam submetidos às restrições tão intensas, e em constante contato com o mundo clássico, bizantino e indiano, produziram grandes avanços no conhecimento deste campo, no qual se destacava o estudo do corpo humano, dos animais e plantas, principalmente, entre os séculos IX e XII.

É interessante se aperceber de que, ao mesmo tempo em que, durante o século XII, os árabes perdiam sua liberdade política e, conseqüentemente, filosófica, para os seldjúcidas, a Europa se modernizava, desenvolvendo meios de melhor compreensão da natureza e dos processos vitais.

A construção das universidades europeias colocou os cristãos e árabes em situação de igualdade. Sobre estes últimos, porém, o invasor mongol, deu o golpe decisivo, auxiliado pelos cristãos, na Península Ibérica e na Itália. Mais

tarde, os turcos otomanos, ao reorganizarem o Império Mulçumano, não favoreceram o espaço para o racionalismo especulativo e experimental dos antigos sábios.

No final da Idade Média eram os europeus que sintetizavam os conhecimentos e métodos dos clássicos, dos árabes, dos bizantinos e de sua própria reflexão e experiência, alcançando alguns avanços, principalmente, no campo da anatomia. A preocupação sobre a constituição e os processos do corpo com o formato grego perdurou em toda a Idade Média. Alguns estudos acerca da relação entre animais, plantas e o meio em que viviam, de inspiração clássica, foram desenvolvidos por árabes e, mais tarde, por cristãos. A cadeia dos seres, de origem clássica, perdurou por todo o período, explicando a origem e as transformações dos seres vivos. E, desenvolveu-se um estudo de plantas medicinais e de alquimia, também importante durante este período.

Ao se lançarem às navegações, os europeus encontraram muitas plantas, animais e sociedades humanas diferentes dos que eram, por eles, conhecidos., Tais descobertas, simplesmente, não cabiam nas explicações medievais. Era preciso procurar (ou formular) novas explicações. Estava, pois, lançada a semente de uma nova forma de ver o mundo e de um novo mundo para ser visto. Era nesta nova visão de natureza, a ser construída sobre os escombros da Escolástica, que iria, mais tarde, emergir as primeiras tentativas de um estudo sistemático dos seres vivos.

Dois fatos fundamentais não podem passar despercebidos nos eventos ligados aos estudos dos seres vivos ao longo da Idade Média. Um deles foram as formulações teóricas feitas por al-Nazzam e, principalmente, al-Jahiz sobre a seleção natural e a interação entre as espécies feitas no século IX. O outro foi a conclusão experimental de Ibn al-Nafis no século XIII sobre o caminho do sangue na circulação pulmonar, contrariando Galeno e antecipando Harvey em trezentos anos.

Duas questões podem ser consideradas a partir destes fatos. A primeira é que as explicações dos fenômenos parecem não se fixar no corpo de conhecimentos da época caso não estejam em sintonia com a visão de mundo vigente. A segunda sugere que as preocupações acerca da estrutura, dos processos, das interações dos seres vivos entre si e com o meio, suas variações e

transformações, parecem estar presentes, embora de forma muito sutil, ao longo da Idade Média.

1.4 REFERÊNCIAS

AL-JABRI, M.A. **Introdução à crítica da razão árabe**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1999.

ARISTÓTELES. **A metafísica**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1979.

ARISTÓTELES. **Organon IV**. Analíticos posteriores. Lisboa: Guimarães Editores, 1987.

ARISTÓTELES. **Tópicos**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1978.

ARISTÓTELES. **Physique**. Paris: Les Belles Lettres, 1973.

AZEVEDO, M.S. de. **Mística Islâmica**. Petrópolis: Editora Vozes, 2000.

BADAWI, A. **Historie da la philosophie em Islam**. 2 v. Paris: Urin, 1968.

BAYRAKDAR, M. Al-Jahiz and the rise of biological evolutionism. **The Islamic Quarterly, London**, Third Quarter, p.307-315, 1983

BAZAN, F.G. Los aportes neoplatonicos de Moderato de Cádiz. IN: ANALES DEL SEMINARIO DE HISTORIA DE LA FILOSOFIA, n.15, Madrid, p. 15-36, 1998.

BEAUJEU, J. Ciências físicas e biológicas. In: TATON, R. **História geral das ciências**. São Paulo: Difusão Européia do livro, v. 2, p. 163-172, 1959.

BEDRIKOW, R.; GOLIN, V. A história da descoberta da circulação pulmonar. **J Pneumol.** v. 26, n. 1, p.XI, jan-fev., 2000.

BENSAÚDE, J. **Historie de la Science Nautique Portugaise à l'Epoque des Grandes Découvertes.** Collection des Documents. Munich: Carl Kuhn, 1914.

BRUGGER, W. **Dicionário de Filosofia.** 4 ed. São Paulo: EPU, 1987.

BRUNO, G. **Sobre o infinito, o universo e os mundos.** (1584). São Paulo: Editora Abril Cultural, 1978.

BURNET, J. **O despertar da filosofia grega.** São Paulo: Siciliano, 1994.

CAMPBELL, J. **O vôo do pássaro selvagem:** ensaios sobre a universalidade dos mitos. Rio de Janeiro: Record/Rosa dos Tempos, 1997.

CASINI, P. **Natura.** Milão: Instituto Editoriale Internazionale, 1975.

CHASSOT, A. **A Ciência Através dos Tempos.** São Paulo: Editora Moderna, 1994.

CHOULAND, J. L. **History And Bibliography Of Anatomic Illustration In Its Relation To Anatomic Science And The Graphic Arts.** Translated and edited with notes and a biography by Mortimer Frank, B.S. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois. 1920.

CIRNE - LIMA, C. Plotino, o uno e o múltiplo. **Revista Filosofia Unisinos.** vol.1, nº1, p.22-32, 2000.

CROSBY, A. W. **The measure of reality.** Quantification and Western Society, 1250-1600, Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

DAMIÃO-FILHO, C.F. **Morfologia vegetal.** Jaboticabal: FUNEP, 1993.

DEWDNEY, A. K. **A Mathematical Mystery Tour**: Discovering the truth and beauty of the Cosmos. New York: John Wiley & Sons, 1999.

DURAND, G. **A imaginação simbólica**. São Paulo: Cultrix, Ed. da USP, 1988.

GALLEGO, R. A. **O Uno e o Éons**: a Soteriologia em Plotino e em sua polêmica antignóstica. Pontifícia Universidade Católica. 2006, 181p. Dissertação (Mestre em Ciências da Religião). Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2006.

GILSON, E. **La Philosophie Au Moyen Age**. Des Origines Patristiques a La Fui Du XIX Siecle Paris: Payot, 1952.

GIORDANI, M. C. **História do Império Bizantino**. 3ªed. Petrópolis: Editora Vozes, 1992.

GUTIÉRREZ, Tartaglia: El desafío de una ecuación. **Suma**, v.56, p.89-96, Nov. 2007.

HADDAD JÚNIOR, H. História da Fisiologia. p. 1-30. In MELLO-AIRES, M. (org.) **Fisiologia**. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogam, 2007.

HIPPOCRATE. Oeuvres completes. Paris: Chez J. B. Baillièrre, 1844.

HOURANI, A. **Uma história dos povos árabes**. São Paulo: Companhia das letras, 1994.

HUBERMANN, L. **História da riqueza do homem**. 2ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1964.

JEAUNEAU, E. **História breve da filosofia medieval**. Lisboa: Editorial Verbo, 1968.

JURADO, E.A.R. Moderato de Gades: estado de la cuestión. Cronología y forma de vida. **Habis**, v. 34, p. 149-160, 2003.

KOYRÉ, A. A Contribuição Científica da Renascença. Quinzième Semaine de Synthèse, Paris, Albin Michel, 1951. In: **Estudos da História do Pensamento Científico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

KOYRÉ, A. Aristotelismo e Platonismo na filosofia da idade média. Les Gants Du Ciel, v. 6, Ottawa, 1944. In: **Estudos da História do Pensamento Científico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

KOYRÉ, A. As etapas da cosmologia científica. Quatorzième Semaine de Synthèse, Paris, Albin Michel, 1951. In: **Estudos da História do Pensamento Científico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

KOYRÉ, A. **Estudos da história do pensamento científico**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1982.

LACOSTE, Y. Ibn Khaldum. **Naissance de l'Histoire / Passé du Tiers Monde**. Paris: Ubairie François Maspero, 1966.

LARA, T.A. **A Filosofia nos Tempos e Contratempos da Cristandade Ocidental**. Petrópolis: Editora Vozes, 1999.

LEFEBVRE, G. Medicina Egípcia, p.60-90. In: TATON, R. (dir.). **As Ciências Antigas Do Oriente**, São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1959.

LENOBLE, R. **História da Idéia da Natureza**. Lisboa: Edições 70, LDA, 1969.

LIBERA, A. de. **La philosophie médiévale**. Paris: Presses Universitaires de France, 1993.

MARTINS, L. A. P. Aristóteles e a geração espontânea. **Cadernos de História e Filosofia de Ciência** [série 2]. 2(2), p. 213-237, 1990

MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. P. Uma leitura biológica do *De anima* de Aristóteles. Pp. 405-426, In: MARTINS, L. A. P.; PRESTES, M. E. B.; STEFANO, W.; MARTINS, R. de A. (eds.). **Filosofia e história da biologia 2**. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa, 2007.

MELLA, F. A. A. **Dos Sumérios à Babel**. São Paulo: Hemus, 2004.

MENEGAZZO, C. M. **Magia, Mito e Psicodrama**. 1ª ed. São Paulo: Agora, 1994. 128p.

MENEZES, O, B. A origem dos seres vivos, à luz da evolução do pensamento humano. Da Bíblia à Grécia Clássica. Parte 1. **Sitientibus**, Feira de Santana, n.11, p.47-80, jan./jun. 1993.

MENEZES, O, B. A origem dos seres vivos, à luz da evolução do pensamento humano. Da Decadência da Civilização Grega até o século XVII: O Destronamento da Teoria da Geração Espontânea.. Parte 2. **Sitientibus**, Feira de Santana, n.10, p.117-135, jul./dez. 1992.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos do Pensamento Idealista na História da Construção das Ciências da Natureza. **Revista Ciência e Educação**, v. 7, nº 2, p. 265-285, 2001.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos da História da Construção das Ciências da Natureza: das Certezas Clássicas às Dúvidas Pré Modernas. **Revista Ciência e Educação**, v.9, nº 2, p.277-299, 2003.

OLIVEIRA, A. B. **A Evolução da Medicina até o Início do Século XX**. São Paulo: Pioneira, Secretaria do Estado da Cultura, 1981.

PADOVANI, H. e L. CASTAGNOLA. **História da filosofia**. 6ª ed.. São Paulo: Melhoramentos, 1964.

PAPÁVERO, N.; TEIXEIRA, D. Os Viajantes e a Biogeografia, **História, Ciências e Saúde- Manguinhos**, v.8 (suplemento), p.1015-1037, 2001

PEREIRA, R. H. de S. **Avicena, A Viagem da Alma**: uma leitura gnóstica-hermética de Hayy Ibn Yaqzan. São Paulo: Perspectiva: FAPESP, 2002.

PERROY, E. **A Idade Média**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1965.

PESSOA JR., OSVALDO Capítulo III. Medicina e Biologia Greco-Romanas. **Teoria do I Conhecimento e Filosofia da Ciência I**. São Paulo: USP, 2008.

PIRENNE, H. **Maome e Carlos Magno**. Lisboa: Publicações Don Quixote, 1970.

PLATÃO. **A República**. Lisboa: Fundação Coloustre Gulbenkian, S/D

PLATÃO. **O Timeu e Critias**. São Paulo: Editora Hemus, S/D.

PRIORESCHI, P. Anatomy In Medieval Islam. **JISHIM**, v.5, p.2-6, 2006.

RADULET, C.M. Os italianos em Portugal, p. 95-104. In: CHANDEIGNE, M.(org.) **Lisboa Ultramarina 1415-1580: invenção do mundo pelos navegadores portugueses**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1992.

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

RONCHIN, V. **Optics**: the science on vision. New York: New York University Press, 1957.

ROSMORDUC, J. **Uma história da Física e da Química**. De Tales a Einstein. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1988.

ROSSI, P. **I filosofici e le machine: 1400 – 1700**. Florença: Grangia como Feltrinelli Editore, 1971.

ROSTOVTZEFF, M. **A História da Grécia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1983.

SACROBOSCO, J. **Tratado da Esfera [1478]**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1991.

SANTO AGOSTINHO. **Confissões** (397/401). São Paulo: Editora Abril Cultural, 1980.

SANTO ANSELMO. **Meditações sobre o fundamento racional da fé** (1076/77). São Paulo: Editora Abril Cultural, 1979.

SÃO TOMAS DE AQUINO. **Compêndio de teologia** (1260). São Paulo: Editora Nova Cultural, p. 69-101, 1988.

SENET, A. **O Homem descobre Seu Corpo**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1964.

SOUZA, J. C. **Os Pré-Socráticos**. Fragmentos, Doxografia e Comentários. São Paulo.: Editora Nova Cultural, 1996.

STRESSER-PÉAN, G.; ARNALDEZ, R.; MASSIGNON, L.; FILLIOZAT, J.; HAUDRICOURT, A.; NEEDHAM, J.; THÉODORIDÉS, J.; SIMON, I.; BEAUJOUAN, G. **A ciência antiga e medieval**. In: TATON, R. História geral das ciências. São Paulo: Difusão Européia do livro, v. 3, 1959, 199 p.

SILVEIRA, P. H. F. Plotino, “Acerca do bem ou do uno” (*Enéade*, VI, 9 – Tratado 9). **Integração**, abr./mai./jun., ano XIV, n. 53, p.175-186, 2008.

TELLO, P. L. A Judería, um certo sucesso, p.110-121. In: CARDILLAC, L. (org.) **Toledo, século XII-XIII, muçulmanos, cristãos e judeus: o saber e a tolerância.** Rio de Janeiro: Jorge Zaher Editor, 1992.

THORNDIKE, L. **The Sphere of Socrobosco and Its Comentators.** Chicago: University of Chicago, 1949.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einsten.** A face oculta da intervenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1994.

TURNER, V. W. **O Processo Ritual.** Estrutura e anti-estrutura. Petrópolis: Vozes, 1974.

VARANDAS, A. Idade Média e o Bestiário Medievalista. **Instituto de Estudos Medievais**, Lisboa, ano 2, n. 2, 2006.

VÉDRINE, H. **les Philosophies de la Renaissance.** Paris: Presses Universitaires de France, 1971.

VERLAG, A. **The Life and Works of Jahiz.** Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1969.

VERNANT, J.- P. **Origens do pensamento grego.** Lisboa: Editorial Teorema, 1987.

WEST J. B. Ibn al-Nafis, the pulmonary circulation, and the Islamic Golden Age. **J. Appl Physiol**, v.105, p. 1877–1880, 2008.

2. CAPÍTULO II - O OLHAR SOBRE OS SERES VIVOS – DO SÉCULO XVI AO SÉCULO XVIII

O objetivo deste capítulo é apresentar elementos que permitam caracterizar as mudanças que ocorreram na visão de mundo construída pela filosofia após a Idade Média. Mostrar, também, as transformações dos métodos elaborados para a compreensão do mundo. Procura, ainda, mostrar como a ciência, em geral, e, em particular as ciências da vida, se estruturou e se organizou ao longo das condições sócio-históricas deste período, que segundo Smith (1973) e Hall (1988), é o momento de ocorrência das revoluções científicas.

2.1 O CENÁRIO HISTÓRICO DA ÉPOCA

O século XVI se iniciou com a presença dos Otomanos em Constantinopla. E mais do que isto, entre 1439 e 1475, os turcos construíram um vasto e poderoso império que ia desde o Oriente Médio até a Europa Central (MCEVEDY, 1979). As repúblicas italianas, poderosos estados do final da Idade Média e pátrias do Renascentismo, se esgotavam em conflitos fratricidas por disputa de rotas comerciais e na guerra contra essa expansão que ameaçava, perigosamente, seus interesses econômicos.

No extremo oeste da Europa, os portugueses estavam às voltas com o seu projeto de expansão comercial pelo Atlântico já planejado desde o século anterior. Enquanto isso, os espanhóis resolviam as últimas querelas sobre a integração dos seus territórios, mesmo com a heróica resistência dos árabes de Granada.

A frota cristã, comandada pela Espanha, venceu os turcos, em 1571, na célebre batalha de Lepanto. Segundo Cipolla (1965), embora emblemática, esta batalha não teve o desdobramento capaz de destruir a força otomana. Foi uma luta de galés, não revelando as conquistas tecnológicas da época. O sultão pouco tempo depois já havia construído outra frota. Para o autor, foram os portugueses,

principalmente na batalha de Diu em 1509, que expressaram a superioridade europeia sobre a técnica e tecnologia naval turca, principalmente com respeito aos canhões. A herança de Sagres estava se fazendo ouvir.

A superioridade marítima lusitana, e, em seguida, também dos espanhóis e holandeses, em grande parte, se deveu à tecnologia produzida a partir da fusão entre filosofia da natureza; construção de instrumentos; aprimoramento da aplicação da matemática em construções; organização de informações; construção mais rigorosa de mapas e cartas náuticas e de instrumentos astronômicos aplicados à navegação. Tal fusão se desdobraria, mais tarde, na construção da ciência moderna. Assim, os canhões dos navios portugueses e espanhóis silenciaram os tempos feudais, expandiram o mundo e, associados a toda a Europa, iniciaram uma nova era – o capitalismo mercantilista (NASCIMENTO JÚNIOR, 2003).

O modo de produção capitalista modificou e introduziu novos elementos no olhar sobre a natureza. Novas máquinas de guerra, nova organização econômico-financeira, nova espacialização demográfica e geográfica, modernização do sistema de produção acenaram para a elaboração de uma nova visão de mundo (HUBERMAN, 1964).

Este século se iniciou com a hegemonia de Portugal, mas, terminou espanhol. O brilho do império Lusitano se apagou em 1578, na batalha de Alcácer Quibir (ESAGUY, 1950). Daí em diante Portugal passou a ser um coadjuvante nas decisões da história europeia. Nas decisões sim, porque o eixo da história passou à Espanha, Holanda, Inglaterra e França, tendo os Otomanos mantido seu papel entre os principais até o século XVII. É verdade, porém, que a riqueza das colônias portuguesas e espanholas participou de forma decisiva nas transformações europeias dos séculos XVII e XVIII; principalmente, na revolução industrial (de conteúdo econômico), na revolução francesa e nas guerras napoleônicas (de orientação sócio-políticas).

Enquanto as riquezas do novo mundo sustentavam os avanços do capitalismo europeu, os intelectuais destes séculos classificavam seus habitantes de inferiores dentro de uma escala, supostamente, natural, vinda da tradição filosófica da Idade Média (MAURO, 1980).

O século XVII é marcado, primeiro, pela predação espanhola e portuguesa nas colônias da América, levando para a Europa e gastando suas

riquezas sem um projeto de modernização do modo de produção desses países metrópoles. Depois, pela modernização inglesa da produção, tornando-se a primeira nação industrializada do mundo, a partir da riqueza esbanjada, principalmente, por Portugal e pela Espanha, ou seja, a riqueza das colônias. Mais tarde, com exceção da Espanha que vivia das colônias, outras potências europeias se tornaram industriais (MAURO, 1980).

Já, no século XVIII, os eventos principais estão concentrados na tomada do poder político da aristocracia (de tradição feudal) pela burguesia (verdadeira senhora da riqueza nestes tempos). Este conflito se configurou na França, onde a burguesia, com muita organização e pouco poder de luta, se aliou aos trabalhadores explorados, com pouca organização e muito poder de luta, contra o Estado Aristocrático. Após a derrota dos nobres, os burgueses excluíram os proletários do poder (HUBERMAN, 1964).

O segundo momento destes eventos é a exportação do Estado Burguês para todas as regiões da Europa, através de Napoleão Bonaparte, estabelecendo os limites e a configuração política dos Estados europeus contemporâneos (HUBERMAN, 1964).

2.2 AS VISÕES DE MUNDO DA MODERNIDADE E SEUS MÉTODOS

O mesmo Deus platônico de Kepler é o inspirador de Galileu. Para Koyré, em seu estudo "*Galileu e Platão*", publicado em 1943, Galileu é um neoplatônico. Para Galileu, o conhecimento matemático permite ao espírito humano atingir a perfeição do entendimento divino. Desta forma, a técnica, a experimentação e o instrumento se uniram à observação e à matemática, personificando, em Galileu, um novo modo de se estudar o universo. Segundo Koyré (1982), Galileu talvez tenha sido o primeiro a acreditar que as formas matemáticas eram efetivamente realizadas no mundo, estando tudo submetido à forma geométrica. "Assim, ele foi necessariamente levado a abandonar o mundo qualitativo e a relegar a uma esfera subjetiva, ou relativa ao ser vivo, todas as qualidades sensíveis de que é feito o mundo aristotélico. A cisão é, portanto, extremamente profunda" (KOYRÉ,

1982, p. 55). Portanto, Galileu promove uma ruptura entre os dois mundos, aquele percebido pelos sentidos e o real, o mundo da ciência o qual, segundo Koyré, "é a própria geometria materializada" (KOYRÉ, 1982, p.55).

É também Galileu, ao mesmo tempo, um dos primeiros que compreendem a natureza e o papel da experiência na ciência. Ele sabe que o experimento é uma pergunta feita à natureza, na linguagem geométrica e matemática. Não basta observar o que se passa, é preciso formular a pergunta, saber decifrar e compreender a resposta, ou seja, aplicar o experimento às leis restritas da medida e da interpretação matemática (KOYRÉ, 1982).

A maneira pela qual Galileu concebe um método científico correto implica numa predominância da razão sobre a simples experiência, a substituição de uma realidade empiricamente conhecida por modelos ideais (matemáticos), a primazia da teoria sobre os fatos. Só assim é que as limitações do empirismo aristotélico puderam ser superadas e que um verdadeiro método experimental pode ser elaborado (KOYRÉ, 1982, p.74).

Nesse caso a teoria matemática determina a estrutura da pesquisa experimental, substituindo o mundo mais ou menos conhecido empiricamente pelo universo racional da precisão, adotando a mensuração como princípio experimental fundamental.

Galileu é também, na visão de Koyré, quem apresenta os primeiros instrumentos verdadeiramente científicos.

Os instrumentos de Tycho Brahe, embora precisos, eram instrumentos apenas de observação, ainda ferramentas, enquanto os instrumentos galileanos e isto é verdade tanto para o pêndulo quanto para o telescópio, constituem instrumentos no sentido mais profundo do termo. São encarnações da teoria. O telescópio de Galileu não é um simples aperfeiçoamento da luneta batava, é construído a partir de uma teoria ótica, e é constituído com uma determinada finalidade científica, a saber revelar a nossos olhos coisas que são invisíveis a olho nu (KOYRÉ, 1982, p.54).

Se Galileu iniciou a elaboração do método experimental, foi Descartes quem elaborou a nova maneira de ver o mundo. Para este filósofo, em seu "*Discurso do Método*" (publicado em 1637), o mundo físico é a matéria em movimento cuja ordenação mecânica é criada por Deus à maneira de um relógio e funciona sem qualquer intervenção sua, a não ser o da construção.

O homem, por sua vez ao nascer já é munido dos elementos básicos do saber (verdades matemáticas) dados por Deus através da alma e expressos pela intenção, basta-lhe, por dedução, ampliar seus conhecimentos da compreensão do mundo. Intuição e dedução para Descartes constituem a razão. São as regras de inferência que permitem derivar as proposições de outras proposições sendo os primeiros princípios estabelecidos pela intuição. As proposições não instintivas são as hipóteses, construídas a partir dos modelos elaborados a partir dos mecanismos que constituem as partes do mundo. A razão, porém, não é, suficiente para explicar esse mecanismo. É preciso que a experiência confirme a conclusão vinda da dedução. Assim, a experiência é fundamental no contexto da justificativa da conclusão. Além disso, em todas as explicações, suas causas devem ser levadas em conta.

As leis fundamentais da natureza estão descritas por Descartes em suas duas obras, "*O Mundo*" e "*Os Princípios*". A primeira lei ou regra apresenta a lei da conservação do movimento, a segunda fala do movimento retilíneo enquanto a terceira determina as leis da comunicação do movimento entre corpos. As causas do movimento são os choques, e toda essa formidável contribuição pode levar a ideia de que Descartes é um pensador eminentemente moderno, um destruidor dos antigos e um elaborador de novos modos e sistemas de se ver o mundo. Na verdade, como afirma Bertrand Russel (1977, p.93), "há em Descartes um dualismo não resolvido entre o que ele aprendeu da ciência contemporânea e o escolasticismo, mas também o tornou mais rico em ideias fecundas do que o poderia haver sido filósofo, completamente lógico".

Conforme Koyré (1963), em lugar da pluralidade de substâncias existentes no universo (conforme acreditavam os gregos, romanos e cristãos), a concepção produzida por Descartes admite apenas três substâncias: a substância extensa (a matéria), a substância pensante (a alma) e o infinito (Deus). O conhecimento consiste em apreender a essência da substância (extensa, pensante ou infinita) e suas operações fundamentais (a matéria, geometrizada, a alma, intelecto, vontade e apetite e o infinito). Tal conhecimento somente será possível através do conceito de causalidade.

Em substituição à noção aristotélica que admite quatro causas (material, formal, eficiente ou motriz e final), Descartes admite apenas duas, a

material e a eficiente (aquelas que ocorrem em toda as substâncias como relação entre uma causa e seu efeito direto). O problema é que, para Descartes, o corpo e alma são substâncias distintas o que fica difícil explicar, por exemplo, a vontade de um homem agindo sobre seu braço produzindo movimento. O que garante a relação corpo-alma é Deus que, fora da natureza e do tempo, transporta um princípio de unidade, agindo de acordo com regras constantes. Assim, Descartes modifica a cosmologia tanto antiga como a medieval retirando a alma do mundo e, em conjunto com Galileu delinea os referências da física.

Sendo o conhecer uma atividade da substância pensante e o objeto a ser conhecido podendo ser pensante ou extenso, é necessário considerar o conhecimento como representação, ou seja, a inteligência não interage com os corpos e sim pela ideia deles. Dessa forma as relações causais se estabelecem entre coisas da mesma substância. A garantia de que a representação é adequada ao objeto a ser conhecido é dada pelo método.

O mundo mecânico de Descartes tem suas falhas que, aos olhos de Koyré (1963), são estimulantes para os novos caminhos. Mais tarde trilhados e corrigidos por Isaac Newton.

Por outro lado, na direção oposta ao caminho cartesiano, Bacon desenvolve sua crítica à escolástica. Seus trabalhos estão sintetizados no *Novo Organum* (discutido por NASCIMENTO JUNIOR, 1998) onde ele acusa as imperfeições do intelecto, inerentes a toda a "tribo humana", que fazem com que os homens criam ingenuamente nos dados dos sentidos ou em aspectos da realidade que lhes são convenientes (os ídolos da tribo). Denuncia também a confusão com que o homem torna o seu mundo particular para explicar a verdadeira realidade (os ídolos da caverna). Ainda aponta a palavra humana, como fonte de confusão por causa dos diferentes significados que assume (os ídolos do foro). E, finalmente, acusa as doutrinas filosóficas de simularem um teatro com suas especulações (os ídolos do teatro). No contexto geral, porém, argumenta Russell (1977), a importância fundamental de Bacon é fundar o método indutivo moderno e tentar a sistematização lógica do procedimento científico, embora sua filosofia tenha sido, sob muitos aspectos, insatisfatória por falta de um sistema geral.

Se para Descartes a explicação de um fenômeno consiste em levantar hipóteses acerca da estrutura mecânica da qual tal fenômeno é o resultado,

Newton não admite outra causa senão aquela deduzida dos próprios fenômenos observados. Assim, ele apresenta uma filosofia de experimentação onde a observação, o cálculo e a comparação dos resultados é fundamental. Na *Optica*, Newton apresenta as bases do seu método:

Como na matemática, assim também na filosofia natural, a investigação de coisas difíceis pelo método de análise deve sempre preceder o método de composição. Esta análise consiste em fazer experimentos e observações, e em traçar conclusões gerais deles por indução, não se admitindo nenhuma objeção às conclusões, senão aquelas que são tomadas dos experimentos, ou certas outras verdades. Pois as hipóteses não devem ser levadas em conta em filosofia experimental. E apesar de que a argumentação de experimentos e observações por indução não seja nenhuma demonstração de conclusões gerais, ainda assim é a melhor maneira de argumentação, que a natureza das coisas admite, e pode ser considerada mais forte dependendo da maior generalidade da indução. E se nenhuma exceção decorre dos fenômenos, geralmente a conclusão pode ser formulada. Mas se em qualquer tempo posterior, qualquer exceção decorrer dos experimentos, a conclusão pode então ser formulada com tais exceções que decorrem deles. Por essa maneira de análise podemos proceder de composta a ingredientes, de movimentos às forças que o produzem; e, em geral, dos efeitos a suas causas, e de causas particulares a causas mais gerais, até que o argumento termine no mais geral. Este é o método de análise; e a síntese consiste em assumir as causas descobertas e estabelecidas como princípios, e por elas explicar os fenômenos que procedem delas, e provar a explicação (NEWTON,1979, p. 56-57).

A lei da gravidade permite a Newton tornar o universo penetrável pelo conhecimento matemático afastando a explicação cartesiana já que não apresenta uma teoria e sim uma lei e também não procura a causa oculta de existência do peso, afastando assim também a explicação metafísica. O que ele apresenta é toda a descrição dos fenômenos da gravitação descrita em uma fórmula matemática.

A mecânica de Newton se compõe de três termos: (1) o espaço, descrito pela geometria euclidiana é concebido como puro continente, (2) as partículas, que ocupam o espaço, possuindo propriedades cinemáticas e massa e (3) as forças, produto da interação entre as partículas.

Uma diferença fundamental entre o pensamento de Descartes e Newton é a existência do vácuo. Esse vazio é, para Newton, onde Deus fixou livremente as leis da matéria. O mundo cartesiano é um mundo onde toda a

quantidade de movimento é constante nos choques entre corpos e explicada pelas leis do movimento, nada é indeterminado. Deus é o construtor do mecanismo que, em seguida passa a funcionar mecanicamente, como um relógio. O mundo newtoniano é um mundo construído por um Deus que coloca todas as coisas em ordem e em movimento. E assim permanece o mundo segundo leis próprias. Depois de um longo período da resistência e fricção dos planetas no éter em que se movem, a velocidade dos corpos celestes diminui a força, Deus intervém e recupera o movimento perdido. Dessa forma a quantidade de movimento não é constante, pela própria inércia e gravitação universal.

Ao fim do século XVII, o Deus newtoniano reina supremo no vazio infinito do espaço absoluto no qual, a força de atração universal interliga os corpos estruturados atômicamente do universo incomensurável e as faz moverem de acordo com rígidas leis matemáticas (KOYRÉ, 1979). Este é o método legado por Newton: conceitos deduzidos de fenômenos observados, a observação como sendo fundamental na produção e aceitação do conhecimento, a necessidade de quantificação dos fenômenos, a experimentação e a explicação dos eventos naturais, da análise e da síntese produzidas pela indução.

Como herdeiro de Bacon, na crítica ao pensamento cartesiano, John Locke no “*Ensaio Acerca do Entendimento Humano*” (publicado em 1706), mostra que não há princípios inatos, tais como moral, justiça, fé, virtude, e que não há ideias inatas. Estas advêm da sensação ou da reflexão de terceiros, as palavras são sinais usados para registrar e comunicar os pensamentos. As sensações, a reflexão e a linguagem produzem o conhecimento que, por sua vez se aproxima da realidade das coisas na tentativa de atingir a verdade. Para Locke,

[...] o conhecimento do nosso espírito ser é adquirido pela nossa intuição. A existência de Deus nos é claramente transmitida pela razão [...]. O conhecimento de qualquer outra coisa, podemos ter apenas sensações, pois não havendo conexão necessária da existência real com qualquer ideia que um homem tem em sua memória, nem de qualquer outra existência, exceto a de Deus como a existência de qualquer homem particular, nenhum homem particular pode conhecer a existência de outro ser, mas apenas quando, por operação real sobre ele, torna a si mesmo percebido por ele. Com efeito, ter a ideia de qualquer coisa em nossa mente não prova a existência dessa coisa, do mesmo modo que o retrato de um homem evidencia seu ser no mundo, ou que as visões de um

sonhador fazem disso uma história verdadeira (LOCKE, 1999, p.275).

Foi Berkeley que transferiu a compreensão da natureza para o espírito. Para ele, é no espírito sensível a origem das ideias acerca do mundo e não nas propriedades materiais do objeto, como afirma Locke. Os objetos materiais só existem ao serem percebidos. Em sua obra "*Três Diálogos entre Hylas e Phitolomeus*" (1713) explica que as qualidades nas coisas materiais somente são percebidas através de uma ideia que não pode existir fora da mente. As coisas são simplesmente uma coleção de ideias. Essas ideias são produzidas nos sentidos por Deus. Caso a matéria fosse real, a existência de Deus seria inútil porque a própria matéria seria a causa de todas as coisas. Porém, na ausência real da matéria, é Deus, através das ideias do espírito, que vai justificar a existência das coisas sensíveis. O espírito, por sua vez, a substância que pensa (sendo, portanto, ativa) nada tem a ver com a ideia (passageira, mutável e passiva). Assim, o espírito é permanente, simples e estranho.

Conforme Russel (1977), Berkeley considera a ciência da natureza como uma gramática divina, considerando mais os sinais do que as causas reais onde seu significado somente pode ser entendido pela filosofia. Para Berkeley, a natureza é um conjunto de matéria inerte onde o movimento é produzido por uma coisa externa. Um conjunto, como explica Collingwood (1986), sem diferenças qualitativas e totalmente descrito de forma quantitativa. A quantidade sem qualidade é uma abstração. Qualquer diferença qualitativa da natureza é obra do espírito e sua existência empírica é uma criação do espírito. É a metafísica de Berkeley.

No "*Tratado Sobre os Princípios do Conhecimento Humano*" (1710) Berkeley critica os princípios do mecanicismo, ao afirmar que os conceitos de força, peso e atração são símbolos úteis para cálculos, mas não explicam a natureza do movimento. A experiência (científica) não prova sua existência por que seu papel é encontrar regras gerais à multiplicidade dos fenômenos, ligando-os e assim indicando a sua relação através de símbolos (como força). Tais símbolos não são coisas reais, pois não é possível separar a atividade de um corpo de seus movimentos.

Durante a primeira metade do século XVIII, o filósofo David Hume, em sua obra "*Investigações acerca do Entendimento Humano*" (publicada em 1748),

contesta Berkeley afirmando que a ideia da ordenação do mundo é construída pelas impressões mentais às quais Deus não participa. Conforme escreve Hume,

[...] todos os argumentos derivados de experiência fundam-se na semelhança que descobrimos entre os objetos naturais, e que nos leva a esperar efeitos semelhantes aos que vimos decorrer a tais objetos. E, embora só um tolo ou um doido seja capaz de contestar a autoridade da experiência ou de repudiar essa grande mentora da vida humana, pode-se revelar a um filósofo a curiosidade de querer ao menos o princípio da natureza humana que confere essa imensa autoridade à experiência e nos leva a tirar proveito da semelhança que a natureza estabeleceu entre objetos diferentes. De causas que parecem semelhantes, esperamos efeito semelhantes. Essa é a sùmula de nossas conclusões experimentais. Ora, parece evidente que, se essa conclusão fosse deduzida por via racional, ela seria tão perfeita a vista do primeiro exemplo, como depois de uma longa série de experiências. Mas sucede de modo bem diverso. Nada mais semelhante entre si do que ovos: e todavia ninguém, fundado nessa aparente semelhança, espera encontrar-lhe o mesmo gosto, o mesmo paladar agradável. Só depois de uma longa sucessão de experiência uniformes de qualquer espécie adquirimos uma firme confiança e certeza com respeito a um fato particular. Mas onde está esse processo de raciocínio que, partindo de um único exemplo, formula uma conclusão tão diferente da que extrai de uma centena de exemplos que em nada diferem daquele primeiro? (...) Se dissessem que de certo número de experiências uniformes inferimos uma conexão entre as qualidades sensíveis e os poderes secretos, eu teria que confessar que isso parece ser a mesma dificuldade sobre uma roupagem diferente. Continua de pé a pergunta: em que processo de argumentação se baseia esta inferência? (HUME, 1999, p. 148).

Assim, Hume alerta para a dificuldade de uma justificativa lógica para a indução e, conseqüentemente, para a impossibilidade das certezas.

Em toda a Europa as ideias de Newton e de Locke apontam para um novo tempo. No cenário social, porém, a miséria é grande. Os camponeses estavam escravizados por uma nobreza exploradora e um estado corrupto. Banqueiros e mercadores, detinham a maior parte do capital e financiavam as atividades dos nobres, do clero e do rei sem, no entanto, usufruir de qualquer decisão política de importância (HUBERMAN, 1964).

A ordem feudal esta por ruir e as ideias liberais povoam as cabeças dos intelectuais. E finalmente, a crença no poder da razão como instrumento de obtenção do conhecimento e modificação do mundo apoiado na observação e na experiência, derruba a velha razão escolástica que, em outros tempos, sustenta o feudalismo. A igreja perde terreno em função de sua característica como classe

mantenedora da ordem antiga e o Deus dos cristãos se torna desacreditado. Ele passa a ser desnecessário no processo do conhecimento, cabendo apenas ao homem a responsabilidade pelo que faz, e o espírito divino de Berkeley passa a ser o espírito humano.

Na França o papel do homem responsável por seus atos e, conseqüentemente, os da sociedade em que vive, permite a elaboração de conceito de natureza humana no qual todos os homens têm direitos que lhe são próprios. A ausência de Deus na explicação dos fatos permite admitir que os fenômenos são expressões da natureza passíveis de serem percebidas, experimentadas, analisadas, provadas, entendidas e, portanto, constituindo um corpo de conhecimentos científicos totais acerca do mundo. Esse corpo de conhecimento foi apresentado pelos franceses na Enciclopédia. Figuras formidáveis como Montesquieu, Voltaire, Diderot D' Alembert, Rosseau, Condillac, Helvetius se encarregam de divulgar o universo newtoniano, o método experimental, a vitória da razão e a sistematizar o conhecimento científico da época e a incentivar a liberdade, a igualdade e a capacidade dos homens em se governar, entender e transformar o mundo. É o movimento iluminista, o mais fecundo da primeira metade do século XVIII (CHÂTELET, 1982).

Os ares da revolução sopraram longe e, na vizinha Alemanha se fez sentir a forte influência de Newton de Hume e dos iluministas, principalmente Rosseau. Nesse período ainda não existia como nação mas como numerosos pequenos e grandes feudos cuja estrutura econômica, social e política era menos desenvolvida que na Inglaterra e na França, que já se estruturavam como países com unidade nacional e espírito liberal.

A Inglaterra com sua revolução industrial já se desenvolvendo desde os tempos de Bacon passando por Locke e Newton, e chegando a Berkeley e Hume, apresentando ao mundo o seu empirismo indutivo carregado de um utilitarismo experimentalista de tal maneira que Hegel escreve "os ingleses dão aos instrumentos de física, como o termômetro e o barômetro, o nome de instrumentos filosóficos" (HEGEL, 1980, p. 107).

A França com sua revolução política traduzida por um racionalismo originalmente dedutivo iniciado por Descartes, Pascal, Malebranche, Gassendi e chegando ao racionalismo experimentalista e humanista de Voltaire, Diderot, D'

Alembert, Condillac, Buffon, Rosseau, procurava entender, transformar e governar o mundo e si próprio.

O espírito do racionalismo anglo-francês ao atingir a Alemanha encontrou um pensamento racionalista muito influenciado pelo pensamento de Leibniz e em algum aspecto mais sentimental e cristão à semelhança do que já havia defendido Rosseau na França. Para os iluministas a razão era o "instrumento" lógico da compreensão dos eventos que compunham o mundo, organizando as informações para, em seguida, explicá-las. Para David Hume a razão era o "instrumento" que "montava" as séries de causas e efeitos, constituídas a partir dos eventos aleatórios captados pelos nossos sentidos. Para os seguidores de Leibniz a razão se espelhava no modelo matemático o qual desenvolvia uma cadeia de demonstrações em que a primeira era auto-evidente (RADL, 1988).

Mas afinal o que é a razão? E qual a sua relação com a experiência? Esta é a grande pergunta feita por Emanuel Kant. E ele prontamente a respondeu.

Para Kant o espírito que faz a natureza não é divino é humano, um ego transcendental que não cria, mas faz a natureza. No prefácio da segunda edição da "*Crítica da Razão Pura*" (publicada em 1787) Kant explica,

[...] a razão só discerne o que ela mesma produz segundo seu projeto, que ela tem de ir à frente com princípios dos seus juízos segundo leis constantes e obrigar a natureza a responder às suas perguntas, mas sem ter de deixar-se conduzir somente por ela como se estivesse presa a um laço; pois ao contrário observações causais, feitas sem um plano previamente projetado, não se interconectariam numa lei necessária, coisa que a razão todavia procura e necessita. A razão tem que ir à natureza tendo numa das mãos os princípios unicamente segundo os quais fenômenos concordantes entre si podem valer como leis, e na outra o experimento que ela imaginou segundo aqueles princípios, na verdade para ser instituída pela natureza, não porém na qualidade de um aluno que se deixa ditar tudo o que o professor quer, mas na de um juiz nomeado que obriga as testemunhas a responder às perguntas que lhes propõe (KANT, ANO, 1987. XIII).

[...] Que todo o nosso conhecimento começa com a experiência, não há dúvida alguma, pois do contrário, por meio do que a faculdade de conhecimento deveria ser despertada para o exercício senão através de objetos que tocam nossos sentidos e em parte produzem por si próprias representações, em parte põem em movimento a atividade do nosso entendimento para compará-las, conectá-las ou separá-las e, desse modo, assimilar a matéria bruta das impressões sensíveis a um conhecimento dos objetos que se chama experiência. Segundo o

tempo, portanto, nenhum conhecimento em nós precede a experiência, e todo ele começa por ela. [...] Mas embora todo o nosso conhecimento comece com a experiência, nem por isso ele se origina justamente da experiência (...). Portanto, é pelo menos uma questão que requer uma investigação mais pormenorizada e que não pode ser logo despachada devido aos ares que ostenta, a saber se há um tal conhecimento independente da experiência e mesmo de todas as impressões dos sentidos. Tais conhecimentos denominam-se *a priori* e distinguem-se dos empíricos, que possuem suas fontes *a posteriori*, ou seja, na experiência (KANT, 1987, p.1-2).

Os conhecimentos *a priori* são juízos necessários e universais. Os conhecimentos *a posteriori* são produzidos pela experiência e são particulares e contingentes, pois anunciam de modo particular algo que pode ser ou não. Por outro lado, como todo o juízo estabelece uma relação entre um sujeito e um predicado, ele pode ser classificado em: elicitativo e ampliativo. O primeiro é analítico, pois esclarece o sujeito sem que o predicado acrescente nada a este. O segundo é sintético já que o predicado acrescenta algo ao conceito do sujeito, havendo assim uma síntese entre sujeito e predicado. Os juízos da experiência são todos sintéticos. Os juízos analíticos são *a priori* como, por exemplo a matemática.

Kant propõe uma terceira classe de juízo: os juízos sintéticos *a priori*. Da física newtoniana ele obteve os exemplos:

[...] em todas as mudanças do mundo corpóreo a quantidade de matéria permanece imutável, ou, em toda a comunicação de movimento de ação e reação tem que ser sempre iguais entre si. Em ambas é claro não apenas a necessidade, por conseguinte a sua origem *a priori*, mas também o fato de serem proposições sintéticas. Pois no conceito de matéria, penso não a permanência, mas somente sua presença no espaço pelo preenchimento do mesmo. Portanto, vou efetivamente além do conceito de matéria para pensar acrescido *a priori* ao mesmo algo que não pensara nele. A proposição não é portanto analítica, mas sintética e não obstante pensada *a priori*, e assim nas restantes proposições da parte pura da Ciência da Natureza (KANT, 1987, p.18).

Utilizando esta classificação de juízos, Kant propõe a conjunção entre a razão e experiência através dos juízos sintéticos *a priori* como necessários para a produção do conhecimento. Assim, a razão não está submetida à experiência, mas ao contrário, determina o que deve ser observado na natureza a partir do conceito *a priori*. A experiência produz sensações que são a consciência de

estímulos as quais se reúnem em torno de um objeto no espaço e no tempo formando a impressão particular do objeto, é a percepção. Esta depende de senso do espaço e o senso do tempo. Assim, espaço e tempo não são coisas perceptíveis e sim modos de percepção que dão sentido às sensações. Ambos existem *a priori* por ser impossível ter alguma experiência que não os implicasse. A este primeiro produto do conhecimento (a coordenação das sensações), Kant denomina Estética Transcendental. Da mesma forma que o espaço e o tempo, a causalidade é tão inerente a todos os processos de entendimento que é impossível conceber qualquer fato sem ela. A causalidade é assim uma das regras inatas do pensamento, de forma que esta orienta sua percepção através da relação de causas e efeitos.

Assim como as sensações são ordenadas pelas percepções em torno dos objetos no espaço e no tempo, estas percepções também são ordenadas pelas concepções em torno das categorias de quantidade, qualidade, relação e modalidade, as quais são a estrutura por onde as percepções são classificadas e moldadas em conceitos ordenados de pensamento (a *Lógica Transcendental* de Kant).

Para Kant é o pensamento que reconhece a ordenação do mundo, já este não apresenta uma ordem em si, o que significa que as leis da natureza são as leis do pensamento. A razão possui regras para a ordenação dos juízos empíricos de forma que estes estabeleçam maneiras de construir teorias científicas em conformidade com o ideal da organização sistemática. Esta sistematização somente é possível se for considerado a existência de um "propósito" maior capaz de permitir uma experiência unificada para o entendimento da natureza, a partir de leis empíricas particulares. É a tese kantiana na "*Crítica do Juízo*". Esse propósito da natureza é apresentado por Kant na forma de algumas pressuposições, são elas: (1) a natureza escolhe o caminho mais curto, (2) a natureza não dá saltos, (3) na natureza existe apenas um pequeno número de tipos de interação causal, (4) a natureza apresenta uma subordinação das espécies e de gêneros por nós compreensíveis, e (5) na natureza é possível incorporar espécies em gêneros progressivamente mais elevados.

Esta consideração nos leva a explicações finalistas, ou seja, teleológicas. Para Kant, isto é particularmente importante na interpretação dos processos de vida. Para ele os organismos vivos apresentam uma dependência

mútua da parte ao todo sendo este visto como a organização das partes e a parte como um produto da relação com o todo. Esta dependência recíproca das partes e do todo não pode ser explicada somente por leis causais provenientes. Isto implica a pensar o conceito de organismo sob o prisma de uma finalidade interna. De acordo com Canto (2009) a forma com que Kant propõe compreender o organismo, fazendo uma crítica a redução mecanicista à vida, é inovadora e legítima para o pensamento biológico que era ainda pouco organizado.

Para Kant o conceito de causalidade é parte do conhecimento empírico objetivo e o conceito de propósito não é, sendo isto sim um princípio regulador no qual a razão seleciona como seu objetivo a organização sistematizada de leis empíricas. Dessa maneira o conceito de teleologia de Kant se distancia do conceito escolástico que favorece as causas finais em detrimento das estruturas e funções dos organismos e coloca a teleologia como atividade reguladora da razão, conseguindo assim uma integração entre as teses teleológicas e mecanicistas. Para Canto (2009) essa integração permite a aplicação de ambos os princípios na investigação científica, abrindo outras possibilidades para explicações sobre os seres vivos ou organismos.

Para Kant o problema é explicar o orgânico a partir de uma filosofia natural, ou seja, sem recorrer, como classicamente se fazia, a fatores externos; ou internos, dos organismos, mas imateriais, por exemplo “uma alma”; no caso de um fator externo, uma mente divina. Os organismos são entes naturais, materiais, assim é que, segundo a doutrina kantiana, não nos permite introduzir entidades “imateriais” para que atuem no espaço e no tempo. O problema, para Kant, e persiste até hoje, é que a explicação mecânica é insatisfatória quando se trata de compreender a organização da matéria viva. Aqui é, pois, onde Kant restabelece a teleologia como ciência explicativa útil. É na teleologia onde Kant vê a possibilidade de ampliar nossa experiência do mundo (CANTO, 2009, p.126, tradução própria).

O Deus de Kant, porém, é totalmente inteligível. Não que ele não exista, mas apenas a razão e, portanto, a ciência não pode compreendê-lo, assim como a alma humana. O objeto do conhecimento científico não é Deus, nem o espírito, tampouco as coisas em si, mas sim a natureza. O método desse conhecimento é uma combinação de sensação e entendimento e, assim sendo, a natureza continua sendo um fenômeno, um mundo de coisas tal como nos aparecem, no entanto, por apresentarem regularidade e previsibilidade, são

cientificamente cognoscíveis, mas existindo apenas na medida em que se aceite tais aparências.

2.3 SOCIEDADES E ACADEMIAS CIENTÍFICAS

Cabe aqui abrir um espaço para inserção das sociedades e academias científicas, as quais foram criadas para promover a ciência e o ensino e encorajar seus protagonistas no campo científico que se fortalecia. O desenvolvimento dessas instituições estava intimamente ligada a evolução da ciência, uma vez que era muito mais fruto de uma ideia científica do que literária ou humanista (HALL, 1988).

Inicialmente os grupos que se reuniam eram pequenos e pouco organizados institucionalmente, possuíam interesses diversos. Oficialmente a primeira academia científica formal foi a Academia de Cimento na Itália em 1657 tendo como instigador o príncipe Leopoldo de' Médici. Desta academia participaram poucos membros, dentre eles Francesco Redi. Os trabalhos eram desenvolvidos principalmente individualmente, os quais eram registrados anonimamente e os pensamentos e interpretações não se expandiam a toda a academia, mas era designando a membros. O que cabia a academia era proceder as experiências e relatá-las. Por isso, para Hall (1988) a academia pouco contribuiu para a estrutura teórica da ciência moderna.

Várias outras academias e reuniões se sucederam por toda a Europa no século XVII, de diferentes formas. Muitas das fraquezas das sociedades eram a falta de dinheiro, aparelhagem, laboratórios, mas também a baixa participação dos membros nas reuniões e a conseqüente impossibilidade de se seguir qualquer plano. Mas além das dificuldades, várias foram as produções principalmente no campo astronômico e físico, com o desenvolvimento experimental e produção de relatórios de divulgação. As sociedades nesta época dificilmente alcançaram o ideal de na coletividade validar experiências, devido sua estrutura e organização frágeis, cabendo ao entusiasmo individual o desenvolvimento de pesquisa, como foi o caso de Robert Hooke e das pesquisas anatômica comparada (HALL, 1988).

Na primeira metade do século XVII a formação das sociedades científicas servia a uma tendência dupla, por um lado o fortalecimento de uma organização científica que reunia grupos informais com interesses intelectuais amplos e superficiais por outro a preponderância dos experimentalistas dentro da organização. Visam, pois a divulgação de uma “nova filosofia” em oposição à tradição dogmática que estava em declínio (HALL, 1988).

No final do século, o papel da sociedade científica mudou, configurou-se como um espaço profissional, tendo como foco estudo de obras e não de ideias. Agora voltada para desenvolver as ciências e não mais divulgar um novo pensamento (HALL, 1988).

Inicialmente representadas pelos institutos de pesquisa, os membros das sociedades se organizavam de forma voluntária, mais vaga e discursiva. Por volta de 1700 a Academia Francesa e de Berlim tinham membros remunerados. Eram poucos financiamentos, as academias e sociedades existiam para estimular a pesquisa incitando os indivíduos particularmente a desenvolverem, recompensando aqueles que tinham êxito, e para comunicar os relatórios (HALL, 1988).

Pelo final do século XVII a maior parte dos homens que estavam envolvidos com movimentos científicos faziam parte dessas organizações, que já começavam a se empenhar na publicação de periódicos para disseminação de relatórios e críticas. Por esta época as sociedades e academias haviam ganhando certo prestígio na ciência mais até que as universidades. Durante todo o Renascimento tinha liderança nas questões filosóficas, científicas e médicas estabelecidas durante a Idade Média (HALL, 1988).

No final da Idade Média as sociedades tinham papel importante na divulgação do conhecimento que até então ficava restrito a pequenos grupos ou nas mãos religiosas (HALL, 1988). O papel dessas sociedades foi, e ainda é, fundamental na construção da ciência, pois dirigiu, organizou e divulgou a maior parte do conhecimento científico produzido, estabelecendo linhas principais do trabalho da pesquisa que levaram as descobertas e confirmações do corpo de conhecimentos que a constitui.

O caminho da academia não foi completamente uniforme, os amadores se propunham a mais discutir as últimas maravilhas da ciência do que

trabalhar para seu progresso. Muitas das academias eram financiadas pelos próprios participantes e seus familiares, mas havia aquelas que recebiam grandes incentivos como o forte apoio de Luis XIV e Carlos II. Mercantilistas também apoiavam os cientistas, como Colbert, envolvidos e convencidos pela retórica utilitarista dos pesquisadores, no que se refere a técnicas de guerra, de viagens marítimas, da construção naval, da arquitetura, em que se esperava que estes peritos colocassem seus inventos a serviço do Estado, e que propiciassem desenvolvimento no comércio, na indústria, assim como nas guerras e nas artes da pompa, contribuindo para a ascendência da nação (HALL, 1988).

Assim, foi através dessas sociedades (ou com seu aval) que o grande capital da burguesia chegou até os laboratórios e expedições de pesquisa, tornando-as a base da tecnologia que impulsionou a Revolução Industrial. Essas instituições foram as principais ligações da ciência com a burguesia, desde o momento em que ambas emergiram, de forma relevante, no cenário da história.

Os objetivos destas instituições eram, e ainda são, o estabelecimento do encontro entre pesquisadores; a organização das linhas orientadoras de pesquisa; a organização e a divulgação do conhecimento gerado por seus integrantes; a padronização de técnicas de procedimento científico, de linhas de pensamento e de termos que estruturam a linguagem particular de cada ciência e o financiamento de pesquisas capazes de responder questões de ordem geral, estruturantes da ciência. Isto que dizer que os aspectos ontológicos e epistemológicos que dão existência as ciências e viabilizam a produção de seu corpo teórico, são dependentes das comunidades científicas.

Embora, quase sempre organizadas de forma independente, estas sociedades não foram, e nem são, isentas dos interesses da sociedade em que estão inseridas. Ao contrário do que acreditavam os positivistas, tampouco, escapam de expressar a visão de mundo de sua época. Muitas vezes, os subsídios fornecidos pelos reis, nobres ou burgueses, influenciavam as prioridades a serem pesquisadas pelos cientistas. O financiamento das viagens científicas podia influir na direção do olhar dos pesquisadores. Em suma, as sociedades científicas respondiam aos interesses das classes dominantes.

2.4 A QUESTÃO DA TRANSFORMAÇÃO DOS SERES VIVOS

Como já comentado, durante toda a Idade Média a ideia comum entre os europeus, que explicava a ordem dos animais e plantas era a Cadeia Do Ser. Somente, a partir do período das navegações, quando os europeus entraram em contato com a extraordinária flora e fauna das regiões da América, África e Ásia é que esta escala gradual e perfeita começou a se mostrar insuficiente para explicar a origem e o propósito da existência dos seres vivos (PAPÁVERO; TEIXEIRA, 2001).

No início do século XVI, surgem os jardins botânicos, importantes centros de atividade científica responsáveis pela organização das expedições científicas e divulgação das descobertas dessa época. Tiveram também a importância de organizar o material trazido do novo mundo para fins estratégicos, econômicos e geopolíticos (AMAZONAS, 2009). Isso porque a re-ordenação desses animais e plantas passou a ser uma das principais preocupações desse período, buscando o porquê Deus fez também todos aqueles seres?

A invenção do microscópio ampliou ainda mais a quantidade de seres vivos que existiam no planeta. Era um outro mundo, um microuniverso, cheio de novas possibilidades de se entender o os organismos, como viviam, como se relacionavam (SENET, 1964).

Charles Bonnet (1720-1792), por exemplo, acreditava que todo organismo continha um corpo, uma alma (uma espécie de memória orgânica), um germe (veículo material da alma, continha um arquivo permanente das consequências das vidas passadas). Estes germes teriam se adaptado aos novos corpos oriundos das modificações ocorridas na natureza (MARTINS, 1997).

Pierre Louis Maupertuis formulava que os organismos foram criados como série ininterrupta de formas; numerosas formas de transição desapareceram e por esta razão a hierarquia dos seres foi impossibilitada ao conhecimento humano (RADL, 1988).

Estudiosos como Linnaeus Carolus reconheciam a existência de espécies e gêneros, que as espécies estavam limitadas; que havia uma continuidade na natureza, porém se figurava uma constante não linear, mas de

superfície; e que uma espécie, gênero, etc. não tinha somente uma transição a frente e atrás (inferiores e mais perfeitas), mas também em todas as direções. Ele distinguia variedades, ordens, gêneros, espécies e concebia a relação entre eles. Para Linnaeus as variedades surgiam artificialmente ou pela causalidade, que por si mesmas retornam a forma primitiva. A unidade sistemática mais simples é a espécie, as espécies do mesmo gênero têm várias propriedades em comum, esse conjunto de propriedades podem ser chamadas de notas do gênero. A cor da corola, dos estames de uma planta podem ser notas de gênero, mas estão distribuídas de forma diferentes entre outros gêneros que ao possuírem aspectos comuns fazem parte da mesma ordem, as propriedades comuns a todas as ordens caracterizam as plantas em geral (RADL, 1988).

O sistema de classificação que Linnaeus (1707 – 1778) apresentou era baseado em Aristóteles. Ele usou o critério das características compartilhadas para comparar os seres vivos e dividiu as plantas e animais em ordem, família, gênero e espécie. Identificou e nomeou cada organismo a partir do gênero e a espécie se fundamentando na existência de essências que podem ser compartilhadas por duas ou mais espécies. Era o essencialismo de Platão e Aristóteles, no qual as espécies refletiam a essência dos tipos eternos e imutáveis criados por Deus (conceito tipológico). As espécies eram, portanto, fixas e não podiam sofrer qualquer tipo de transformação (FUTUYMA, 2002).

Linnaeus expôs sua ideia de relação entre as propriedades e os grupos sistemáticos, concedendo a Deus a inscrição dos tipos ideais de planta, Ele que construiu indivíduos diversos para quantas ordens existem. Aqueles indivíduos com propriedades distintas, Deus os mesclou entre si formando tantos indivíduos quanto gêneros existem. As qualidades genéricas se formaram na natureza pela mistura produzida pelos cruzamentos dos indivíduos genéricos e desta forma se formariam as espécies (RADL, 1988).

Linnaeus, por sua vez, não se distanciou da teoria da cadeia do ser (CAMPOS *et alli*, 2009). No entanto, criou uma ordem de estruturas morfofisiológicas que permitiu colocar espécies aparentemente diferentes num mesmo grupo.

Em essência, a cadeia do ser apresentava uma evolução unidirecional onde o ser mais imperfeito evoluiria sempre para o mais perfeito e o

européu seria o ser mais avançado na escala das espécies não celestes. Não há aqui qualquer processo de adaptação e, portanto, de transformação das espécies. Neste quadro científico, a busca por provas implicava procurar os elos que ligariam uma espécie à sua imediatamente superior. O método analítico se baseava na semelhança aos atributos do branco europeu e acabou conferindo lugar privilegiado para a anatomia e a fisiologia, pois era por elas que se comprovaria a proximidade entre um ser inferior e seu imediato superior na escada evolucionária do ser (CAMPOS *et alli*, 2009).

Denis Diderot, em vários de seus escritos, especialmente na Carta sobre os Cegos (1749), Pensamentos sobre a Interpretação da Natureza (1754) e Sonho de D'Alembert (1769), sugeriu uma ideia de evolução combinada com o conceito de progresso (DIDEROT, 1979; CHAÚÍ, 1979). Assim, o autor apresenta uma ideia pré-evolucionista, mas, não uma teoria explicativa da evolução.

Diderot não interpreta a natureza como um sistema puramente físico (como os demais materialistas de sua época), mas como um sistema orgânico e biológico, dentro do qual é fundamental a hipótese de sensibilidade da matéria. Tanto a matéria inorgânica quanto a organizada, isto é, os seres vivos, são vistas como capazes de sensibilidade. Postulando o movimento e a sensibilidade como inerentes a toda matéria, Diderot supunha que se poderia explicar toda a cadeia de fenômenos naturais, tanto físicos quanto mentais. Tudo que a natureza contém seria produto de matéria em movimento, submetida a processos de fermentação produzidos pelo calor.

Em toda essa concepção geral do Universo está implícita uma teoria da evolução biológica. Diderot, ao contrário de seus contemporâneos, soube integrar em sua visão do mundo os primeiros resultados de estudos científicos que fundamentariam as teorias evolucionistas do século seguinte. Entre os diversos reinos da natureza, Diderot não vê abismos inexplicáveis. “Como D'Alembert distingue-se de uma vaca” — escreve Diderot — “eu não posso compreender inteiramente. Mas um dia a ciência explicará.” Enquanto esse dia não chegava, tentou traçar a história do Universo desde o inconsciente até a vida espiritual (CHAÚÍ, 1979, p.XIII).

David Hume em “*Diálogos sobre a Religião Natural*” de 1779 apresenta uma explicação de princípios naturais que expressa uma ideia próxima do conceito de seleção natural embora não apareça a teoria evolucionista (HUME, 1992). Monteiro (2009) sugere Hume como um pensador pré-darwiniano, que trabalha “com um conceito ‘primitivo’ de seleção natural como princípio explicativo de uma parte importante do conhecimento humano” (p. 8).

Hume defende

[...] um sistema que atribui ao mundo um princípio de ordem inerente ao próprio mundo (p. 114); e argumenta em favor de que a teoria da eliminação dos inaptos, vem ao encontro do princípio de seleção natural (p. 117), embora, de modo algum, suscite uma antecipação da teoria evolucionista darwiniana (p. 119-120) [pois] jamais sugere a possibilidade de que as espécies atualmente existentes se tenham originado a partir de outras espécies hoje já extintas (p. 120). Sua ideia se limita à seleção dos mais aptos (MONTEIRO, 2009).

Assim, as ideias de evolução e seleção natural aparecem, de forma independente, tanto lógica como historicamente (CHAUÍ, 1979; MONTEIRO, 2009)

Georges-Louis Leclerc, o Conde de Buffon (1707- 1788) elaborou uma teoria baseada nas ideias de que as espécies podem se derivar de uma forma ancestral e serem modificadas pelo meio ambiente. Diante desta suposição, ele sustentou a ideia que o clima temperado europeu produziria um governo próspero, avantajaria a inteligência e a saúde enquanto que os climas tórridos favoreciam a degenerescência (CASTAÑEDA, 1995).

Outros pensadores fundamentais para o entendimento das teorias que fundamentaram a questão da evolução das espécies foram Cuvier e Lamarck, entre outros. No entanto, estes naturalistas desenvolveram e publicaram suas ideias entre o final do século XVIII e o início do século XIX. Por conta disso, eles serão discutidos no capítulo seguinte, pois sua contribuição mais importante foi a participação dessas ideias na elaboração das teorias do século XIX.

Por outro lado, já em 1716, A. V. Pernau (EISBESFELDT, 1974) sabia que os animais possuem habilidades inatas, diferentes das adquiridas. Padrões de comportamento que não ocorrem devido ao aprendizado por imitação de um modelo ou por meio de outros tipos de treinamento. Esse autor descreveu o comportamento de diferentes aves e determinou que espécies aprenderiam o canto de seus pais e quais conheciam o canto típico da espécie sem a presença de um modelo, ao chegarem à maturidade sexual. Ainda segundo Eibesfeldt (1974), D. A. Spalding demonstrou a maturação das formas de comportamento inatas colocando andorinhas em janelas tão estreitas que não lhes permitiam mover as asas. Apesar disso, na primeira oportunidade, estas aves voavam perfeitamente. Outros autores

como Reamur (1737-1742), Rösel V. Rosenhof (1746-1761), todos citados por Eibesfedt (1974), escreveram sobre formas de comportamento inato.

2.5 A VIDA ENTENDIDA EM SALAS DE PESQUISA, O LABORATÓRIO

As atividades desenvolvidas nos laboratórios dos séculos XVI, XVII e XVIII eram bem diferentes daquelas que se desenvolveram durante os séculos seguintes.

No século XVI, os estudos de laboratório eram, essencialmente, anatômicos e, portanto, descritivos. E seu interesse vinha da medicina. Várias macroestruturas e funções gerais do corpo humano explicadas por Galeno e seus discípulos estavam sofrendo reavaliações interpretativas por influência dos experimentalistas árabes e dos humanistas do final do Renascimento (HALL, 1988). Assim, as atividades de laboratório eram, principalmente e praticamente, uma tentativa de se aproximar do fenômeno natural, examiná-lo com mais detalhes e descrevê-lo em minúcias.

Em 1618, o italiano Demisiano propõe o nome de microscópio para todos aqueles instrumentos (a muito tempo conhecidos) capazes de ampliar objetos invisíveis (SENET, 1964). A possibilidade de se obter um exame mais minucioso estava se consolidando. E, além disso, um universo natural microscópico havia sido descoberto. O exame de organismos e estruturas estava ainda mais minucioso. E algumas tentativas de simulações de situações naturais com um certo controle foram tentadas.

O modelo analítico mecanicista permite compreender e estudar os sistemas biológicos, sendo que isto está implícito na própria palavra *organismo*, utilizada pela primeira vez no século XVIII, a partir da qual se faz uma analogia entre o corpo vivo e o instrumento musical composto de diferentes partes que em conjunto produzem várias funções finais. “Tratava-se de um rompimento radical com a visão holística pré-iluminista que considera os sistemas naturais totalidades indissolúveis que não poderiam ser compreendidas se fossem divididas em partes distintas” (LEWONTIN, 2002, p.76).

No século XVIII várias propriedades físicas dos materiais já estavam sendo mais bem compreendidas e, conseqüentemente, utilizadas, tais como: a eletricidade, o magnetismo, a óptica, a mecânica, etc. Isto permitia que as atividades de laboratório pudessem envolver simulações muito mais complexas dos fenômenos naturais que se queria conhecer. Neste caso, o problema deixou de ser a capacidade de simulação desses fenômenos, mas, a garantia de que tais simulações realmente expressavam os fenômenos, bem como da capacidade de generalização dessas simulações para torná-las, explicações mais sólidas.

2.5.1 A QUESTÃO DA ESTRUTURA E FUNÇÃO

Os primeiros estudos das ciências dos seres vivos feitos em laboratório eram ligados à medicina e tinham como principal preocupação a estrutura e a função do organismo humano. Foram muitos os médicos-pesquisadores que participaram da construção desses conhecimentos que, hoje são denominados anatomia, biologia celular e fisiologia. O desenvolvimento desta área foi, portanto, um trabalho coletivo (à semelhança de todas as áreas da ciência). Alguns pesquisadores, no entanto, representaram momentos de síntese acerca de algumas áreas que se estruturaram nesse período.

A busca pela compreensão da estrutura e função da matéria orgânica é sustentada pelo paradigma predominante desde Descartes até o século XVIII, constituído pela noção da fibra como elemento morfológico estrutural do organismo. Este que será substituído pela teoria celular no século XIX (TEULÓN, 1982).

No século XVII Francis Glisson funde o conhecimento da significação da fibra como elemento vital, dizendo que ela é a portadora da vida e o genuíno elemento, não somente formal, também funcional do corpo vivo. A partir de então, os estudiosos passam a pensar que a atividade vital dos órgãos e de seu conjunto, tem seu princípio e causa nas partes sólidas do organismo, suas fibras, que estariam animadas em si mesma por uma força específica. Mas, também sobre isto foi feita uma explicação mecanicistas da vida. Mas já no final do século XVIII

começa a se questionar se a fibra é o último elemento formal do organismo (TEULÓN, 1982).

Os mais célebres nomes desta época, segundo Senet (1964) foram: Jacobus Sylvius, Jean Fernel, Guillaume Rondelet, Andreas Vesalius, Gabriele Falloppio e Fabríci d'Acquapendente. Sylvius (1478-1555) foi o primeiro a descrever em minúcias a estrutura do encéfalo e inventou um método de injeção de cera fervente para o estudos dos vasos. Fernel (1497-1558), denominado o Galeno Moderno, e Gonthier (1487-1574) foram seus contemporâneos, todos da Universidade de Paris. Rondelet e Vesalius (1514-1564) foram alunos de Gothier.

Pinto (2009) faz uma referência ao esquecido médico judeu português João Rodrigues de Castelo Branco (1511-1568), mais conhecido por Amato Lusitano, por seu importante papel no estudo do movimento do sangue, dado que, há autores que o reconhecem como o primeiro descobridor da circulação sanguínea e das válvulas nas artérias.

Outro autor quase esquecido é Michael Servetus que, em 1553, descreveu a circulação pulmonar em um livro teológico intitulado "*Christianismi Restitutio*" (Restituição da Cristandade) que lhe custou a vida. Há indícios, no entanto, que Servetus tenha conhecido alguns dos trabalhos de Ibn al-Nafis, traduzidos para o latim por Andrea Alpago di Belluno em 1547 (BEDRIKOW; GOLIN, 2000).

Por outro lado, o mais reverenciado anatomista da época foi Andreas Vesalius (1514-1564), professor da Universidade de Pádua, considerado o fundador da anatomia humana moderna. Sua obra-prima publicada em 1543, o "*De Humani Corporis Fabrica*" (A Estrutura do Corpo Humano), (VESALIUS, 1543), considerada como o primeiro tratado moderno de anatomia humana, tanto por seu rigor expositivo como pela clareza de sua exposição. É a obra de anatomia mais significativa da renascença (ROMERO, 2007).

Vesalius tentou resolver uma das questões mais inquietantes da fisiologia desde Galeno, os supostos canais do coração que ligam o aurículo e ventrículo. Mas, não obteve sucesso no seu intento. A teoria tradicional era tão forte que ele se convenceu que o sangue havia, de alguma maneira sido filtrado ou transpirado através de canais muito pequenos para serem vistos a olho nu. Na primeira edição do seu livro *De Humani Corporis Fabrica* (1543), o grande

anatomista concordava com Galeno na ideia de que o sangue passava do ventrículo direito para o ventrículo esquerdo através do septo. No entanto, na segunda edição do mesmo livro, de 1555, o autor omitiu a afirmação acima e escreveu que não via como o sangue podia passar através do septo interventricular (BEDRIKOW; GOLIN, 2000).

O legado de Vesalius incluiu uma importante escola de Anatomia e Fisiologia em Pádua (SENET, 1964). Dela, fizeram parte Realdo Matteo Colombo (1516-1559) seu discípulo e sucessor na cadeira de Anatomia e Cirurgia da Universidade de Pádua, Gabriel Fallopio (1523-1562) que descreveu os nervos cranianos, músculos, vasos, o ouvido interno, o aparelho genital feminino e outras estruturas e Girolamo Fabrici d'Aquapendente (1533-1619), o descobridor das válvulas existentes no interior das veias (SENET, 1964). Sob sua orientação esteve William Harvey (1578-1657).

E foi este último que, em 1628, demonstrou através de observação direta da circulação em animais de laboratório, que o sangue proveniente do ventrículo direito seguia pela artéria pulmonar em direção aos pulmões e retornava ao coração através das veias pulmonares. Suas observações, registradas na monografia *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (O Estudo Anatômico do Movimento do Coração e do Sangue nos Animais), enterraram definitivamente a teoria da presença de poros interventriculares. Aí expõe suas explicações sobre o funcionamento do coração e a existência da grande circulação, demonstrando que é o coração o responsável pelo movimento do sangue e este circula pelo corpo através de vasos. No entanto, Harvey desconhecia a fisiologia da circulação pulmonar: dissipação de CO₂ e absorção de O₂ (BEDRIKOW; GOLIN, 2000).

Este tratado foi o primeiro dedicado a um tema estritamente fisiológico desde a antiguidade. (HADDAD JÚNIOR, 2007). E, como tal, se opunha às afirmações de Aristóteles e de Galeno. Por isso seu preço foi alto. A universidade de Paris recusou inteiramente a descoberta e, na Inglaterra, apenas a amizade do autor com Carlos I foi o que evitou maiores males (SENET, 1964).

Somente a partir do trabalho de Harvey (1999, [1628]) a experimentação se tornou a condição indispensável à investigação fisiológica ou seja, conhecer o organismo para tentar descobrir os desvios de suas funções.

O mais eminente defensor de Harvey foi Descartes (SENET, 1964), para cuja ideia da explicação do funcionamento do corpo de Harvey era uma proposta inovadora já que não precisava se utilizar de nada referente à alma ou outras faculdades ocultas, algo que era predominante até então.

[...] se me perguntarem como o sangue das veias não se esgota ao passar continuamente para o coração, e como as artérias nunca se chegam a encher, pois todo o que passa pelo coração se dirige a elas, não responderei outra coisa senão que isto já foi escrito por um médico de Inglaterra, ao qual se deve conceder o louvor por ter rompido com os obstáculos neste campo, e ter sido o primeiro a ensinar que há várias pequenas passagens nas extremidades das artérias, por onde o sangue que elas recebem do coração, entra nos pequenos ramos das veias, de onde se lança diretamente no coração. De maneira que o seu curso é apenas uma circulação perpétua (DESCARTES, 2004, p. 50).

Como Pinto (2009) e Hall (1988) enfatizam, embora Descartes tenha se utilizado da explicação da circulação sanguínea de Harvey, há diferenças entre o pensamento dos dois. Harvey entendia que o sangue era possuidor de um fluído vital, ideia esta que Descartes eliminou completamente da interpretação assumida, colocando-a a serviço de sua filosofia mecanicista.

Para o grande filósofo mecanicista francês, as funções do corpo, são parte da física e este deve ser pensado da mesma forma que se pensa o universo, com base na forma e movimento de suas partes. Seu funcionamento segue, portanto, as mesmas leis que se encontram na explicação desta física (DONATELLI, 2008).

Nos séculos XVII e XVIII se destacaram os italianos, dentre eles Marcello Malpighi (1628-1694), descrevendo a forma e a função de inúmeras estruturas animais que levam o seu nome e, por ter descoberto os capilares, dele se disse "Harvey fez dos capilares uma necessidade lógica, Malpighi uma certeza histológica" (a descoberta foi feita no pulmão e no mesentério da rã) (MENDES, 1994). A anatomia e a fisiologia fizeram grandes progressos, graças ao aperfeiçoamento da técnica de investigação. Malpighi utilizou a injeção de líquidos corados, que tornam mais evidente a estrutura dos órgãos. Este anatomista italiano fez descobertas importantíssimas: estudou a estrutura dos pulmões, descobriu os capilares, os lóbulos hepáticos, os glomérulos do rim, aos quais se deu o seu nome,

glomérulos de Malpighi. Em 1669 publicou o famoso *De Viscerum Structura Exercitatio Anatomica* (MALPIGHI, 1669).

Durante a segunda metade do século XVII, Antônio von Leeuwenhoek aperfeiçoou o microscópio e o modo de preparo das lâminas para observação e relatou descobertas no mundo microscópio por quarenta e seis anos (SENET,1964). As observações microscópicas de Leeuwenhoek inserem argumentos para uma perspectiva globular que surgia, contudo, não derrubava a noção de fibra existente, mas adicionava a ideia de que está se originava de estruturas globulares (TEULÓN, 1982). Hooke, em 1665, observando lascas de cortiça, encontrou pequenos alvéolos os quais denominou células e percebeu que a estrutura dos tecidos vegetais é semelhante a um favo de mel. Esta descrição se encontra em seu livro denominado *Micrographia e publicado em 1665* (HOOKE, 2003).

Francesco Redi (1626-1697), estudou a produção, natureza e modo de inoculação do veneno da víbora e pesquisou a digestão e circulação nos insetos. Em 1671 publicou *Patritii Aretini Experimenta circa generationem Insectorvm ad Nobiliffimum Virum. Amistelodami: Sumpitibus Andrea Frisii*, apresentando muitos dos resultados de suas pesquisas (REDI, 1671).

Muitos célebres anatomistas completaram o cenário da segunda metade do século XVII, ampliando a descrição macroscópica das estruturas do corpo humano (GUYÉNOT, 1960; OLIVEIRA, 1981).

Segundo Haddad Júnior (2007), duas grandes linhas de pesquisa dentro do estudo das funções orgânicas surgiram no século dezoito: a eletrofisiologia e o estudo do metabolismo. A primeira nasceu com Luigi Galvani (1737-1798) e Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827). Já as pesquisas sobre metabolismo se desenvolveram principalmente, com Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) e seus estudos da respiração animal (LAVOISIER, 1783) e Lazzaro Spallanzani (1729-1799) que estudou a fisiologia da respiração, circulação e digestão em vários animais, o órgão elétrico dos peixes e suspeitou de um sexto sentido nos morcegos (CAPANNA, 1999). Ambos pesquisadores fizeram uso de rigorosos processos experimentais (num mundo em que a observação era a principal forma de trabalho dos cientistas).

Segundo Prestes (2007), Spallanzani foi o exemplo de uma tradição de naturalistas do século XVIII caracterizada pela utilização sistemática do método experimental para a pesquisa em seres vivos. Para a autora, Spallanzani considerava que os resultados obtidos por meio de observação e experiência sobre o funcionamento dos seres vivos deveriam ser reunidos em concepções teóricas que explicavam os sistemas vitais. Assim, ele dispunha de um modelo epistemológico estruturando as relações entre descobertas empíricas, teoria e método. Era, pois, um embrião da Biologia experimental do século XIX.

Em 1780, o descobridor da contração e da irritação das fibras musculares, Albrechet Von Haller, publica a obra *Physiologiae* como uma síntese de seu pensamento até a época (HALLER, 1780). Sua abordagem sobre o tema procura ir além do mecanicismo que prevalecia na fisiologia até então. Sua teoria traz importantes contribuições para o estudo do organismo vivo.

De acordo com Russo (2004), o que despertou admiração de seus contemporâneos não foi o tema sobre irritabilidade e sensibilidade tratado por ele, mas a forma com que se distanciou da definição dessas propriedades, colocando em questão duas características, que desde Aristóteles, se relacionavam na definição de essência do ser vivo – o movimento e a sensação.

Haller se interessava pelo movimento animal. Já em 1739 fez comentários críticos de trabalhos de seu mestre Hermann Boerhaave (1669-1738) em relação ao movimento cardíaco. Boerhaave atribuía o movimento muscular a ação dos espíritos animais provenientes do cérebro, mas ele não conseguia explicar, a partir de sua concepção mecanicista e sistemática, a continuidade do movimento da sístole e diástole quando o coração era retirado do corpo e portanto não havia vasos e nem ligações que permitiam conduzir os estímulos pelo sangue ou pelos espíritos (RUSSO, 2004).

Para Haller o movimento cardíaco era explicado por causa desconhecida, não dependendo do cérebro, nem artéria, mas do próprio interior do coração. Além disso, ela também difere o movimento do coração da propriedade da elasticidade. Na afirmação da origem do movimento de um órgão ser proveniente de sua própria constituição, há o reconhecimento da origem endógena da contração cardíaca, sugerindo que o movimento animal poderia ser vinculado a organização ou à constituição da matéria. Esta possibilidade era oposta a explicação animista de

George Stahl (1659-1734), que atribuía todo movimento a alma. Ao admitir a diferença entre a contração e a elasticidade, Haller admitiria a existência de um movimento que seria irredutível à análise físico-química aplicada a matéria em geral (RUSSO, 2004).

Assim, suas colocações põe em discussão às explicações mecanicistas e animistas sobre o movimento animal, preparando espaço para discussão sobre o papel dos nervos, da autonomia dos músculos e do limite da alma nas funções corporais. Sua obra apontou para a necessidade de uma revisão das explicações fisiológicas anteriores sobre o movimento animal e as forças que ali atuavam (RUSSO, 2004).

Em anos posteriores ele desenvolve uma série de experimentos com órgãos para demonstrar os princípios da irritabilidade e sensibilidade, publicando-os em sua *Dissertation sur les parties irritables et sensibles des animaux*, em que ele realiza uma divisão funcional e teórica dos órgãos no corpo, com críticas ao reducionismo da análise físico-química do corpo animal. Em sua proposta de divisão do corpo pretendia desvincular a relação movimento-sensação da estrutura do ser vivo, predominante até então na noção de irritabilidade de seus contemporâneos. Para Haller a irritabilidade e a sensibilidade são propriedades que se diferem tanto estruturalmente quanto funcionalmente no corpo (RUSSO, 2004).

Além disso, ele também questiona a noção de fibra como a unidade última do ser vivo de seus contemporâneos que pretendiam uniformizar estrutural e funcionalmente todas as partes do corpo animal (RUSSO, 2004), permitindo questionar também a ideia de força vital inserida por Glisson (TEULÓN, 1982).

De acordo com Russo (2004) Haller trocou a perspectiva de se olhar para o corpo e por isso forneceu uma nova divisão, em que os termos irritabilidade e sensibilidade propostos não só foram contribuições para a linguagem, mas tiveram valor epistemológico que contribui para uma reavaliação do pensamento filosófico e médico sobre o corpo humano e das propriedades da matéria viva. A teoria de Haller não resolveu o problema sobre a ciência da matéria orgânica e nem os problemas relacionados a estruturas nervosas e a unidade do ser vivo, mas aguçou questionamentos dos modelos predominantes até então.

No final do século XVIII, Xavier Bichat introduz a noção de "tecido" sem ter se utilizado do microscópio (BICHAT, 1866). Por isso, ele é considerado o "pai da histologia" (OLIVEIRA, 1981).

2.5.2 A QUESTÃO DA HERANÇA – PRÉFORMISMO E EPIGÊNESE

Outra preocupação da biologia elucidada no laboratório foi a questão dos caracteres hereditários dos seres vivos. Aristóteles, no IV século a.C, como já explicado no capítulo II, entendia que o desenvolvimento da forma humana era o resultado da ação de uma ideia formante sobre uma substância amorfa, a teoria da epigênese.

Como se viu desde a antiguidade havia o interesse por parte dos estudiosos em compreender as relações de semelhança entre descendentes e seus progenitores, tanto em humanos como em animais. Mas, de acordo com Martins (2006), esta preocupação se estendeu aos vegetais somente após o momento em que foi constada a sexualidade das plantas no final do século XVII.

Contudo por um longo período esta ideia não teve maiores estudos, voltando mais fortemente ao cenário no meio do século XVII com Descartes e seus seguidores que procuravam explicar todo o universo, e conseqüentemente a vida, através de causas mecânicas. Com respeito à fecundação, Descartes explicava que era o material líquido em movimento e calor que a mobilizavam (GUYÉNOT, 1960).

Por meados do século XVII Willian Harvey passou a estudar como a reprodução assegurava a perpetuidade das coisas mortais. Estudando embriões nos úteros de cervas grávidas mortas por caçadores, em 1651, ele publicou *Anatomical Exercises on The Generation of Animals*, onde defendia a ideia de que tudo saia do ovo. Ou seja, há sempre alguma substância material a partir da qual se forma o feto. Para Harvey o potencial divino estava presente no ovo, como uma possibilidade espiritual (HARVEY, 1651).

Em 1677 a descoberta de Leuwenhock dos espermatozóides viria a esclarecer muitas questões acerca da biologia e, sobretudo da reprodução e anunciar outros tantos que só seriam resolvidos muito mais tarde. Régnier de Graaf

descobriu o ovo ovariano, esferas minúsculas cheia de um líquido e contendo outra esfera menor, o óvulo. O autor sustentava com razão, que tinha descoberto o ovo dos mamíferos e que o embrião se desenvolve a partir desse ovo (GUYÉNOT, 1960).

Por outro lado, Joseph de Aromatori em 1625, já havia demonstrado que abrindo um grão qualquer, encontra-se uma pequena planta, a plântula, já completamente formada com uma pequena haste, uma raiz e uma ou duas pequenas folhas. Uma vez que a futura planta encontra-se já contida no grão em estado de miniatura, deduziu ele que o mesmo acontece com os animais e que no ovo, o futuro ser humano está contido em completa formação, em estado de miniatura. Durante a gestação, este minúsculo ser só faz aumentar pouco a pouco, mas suas formas essenciais são adquiridas desde a concepção (SENET, 1964).

É a tese do preformismo que fez grande sucesso durante dois séculos e meio entre os intelectuais europeus. O prestigiado Malpigh a apoiou integralmente até a ponto de, em 1672, afirmar ter visto num ovo de galinha o espaço de um pintinho completamente formado (GUYÉNOT, 1960).

As descobertas de Graaf e Leuwenhock dividiram os preformistas fazendo com que uns defendessem a ideia que os seres minúsculos (homúnculos) se localizavam no óvulo enquanto que outros acreditavam estarem estes seres localizados nos espermatozóides. Eram os ovistas e os animalcultistas respectivamente (LEWONTIN, 2002; MAYR, 2008).

No século XVIII a ideia de preformismo se solidificou nas mãos de Albert de Haller. Gould (1987) atribui a este fisiologista a construção do termo “evolução” para descrever a teoria preformista, visão de evolução embriológica que parecia excluir a descendência com modificação de Darwin. A utilização deste termo relacionada a teoria de Darwin, de acordo com Gould (1987), pode ser explicada pela disponibilidade de uso do termo para outros propósitos após a derrubada da teoria de Haller, embora o próprio Darwin não tenha utilizado o termo e o evitado utilizar para não transmitir uma noção de progresso que era vigente na época.

Por outro lado, Radl (1988) aponta que a teoria de Leibnitz sugeriu aos filósofos naturalistas o conceito de evolução e que, posteriormente, o conceito se estende a história da criação pelos passos dados por Bonnet em 1769, quando ele se propôs descrever a descendência dos animais atuais de outros do passado.

Mayr (2008) também credita a Charles Bonnet a introdução do termo aplicada à teoria pre-formista, mostrando, pois, uma controvérsia em relação a quem inseriu o termo. Cabe ressaltar que o termo utilizado na época era bem distinto do que atualmente se compreende, havendo lá uma conotação da tendência para o aperfeiçoamento do já existente (RADL, 1988).

Fortalecendo a ideia do preformismo, Bonnet descobriu a partenogênese do pulgão no qual realmente, embora seja um caso excepcional, várias gerações encontram-se encaixadas uma nas outras (SENET, 1964).

Embora a tese preformista fosse aquela amplamente aceita por toda a Europa, houve autores que se concentraram na explicação epigenética. Kasper-François Wolff, em 1766, estudou o desenvolvimento de um ovo de galinha e constatou que os pintinhos se formam de maneira progressiva. Wolff com suas teorias epigenéticas não teve sucesso junto a seus pares da época. Seus trabalhos ficaram praticamente ignorados, senão desprezados. Somente após Johann Wolfgang von Goethe, no século seguinte, com sua teoria da metamorfose, e as teorizações sobre o desenvolvimento humano de Carl Friedrich Kielmeyer terem preparado o terreno para especulações epigenéticas, Wolff foi reconhecido. Seu livro foi editado do latim para o alemão em 1812 e influenciou as pesquisas embriológicas da época (RADL, 1988)

Contemporâneo de Wolff foi Spallanzani, que descobriu que era absolutamente necessário o contato dos ovos com o líquido seminal para que se ocorresse a fecundação e publicou estes experimentos em 1780 na obra *Dissertationi di Fisica Animale e Vegetabile* (SPALLANZANI, 1780). Este grande experimentalista manteve com os naturalistas Needhan e Buffon um famoso debate sobre a questão da geração espontânea, onde apontou os erros experimentais de Needhan, em suas tentativas de demonstrar a existência da geração espontânea (PRESCOTT, 1930).

Segundo Spallanzani, Buffon, na sua tradição cartesiana, construiu um mundo de moléculas orgânicas para sustentar a teoria epigenética do desenvolvimento dos seres vivos (PRESTES, 2007). A autora lembra, no entanto, que, uma mesma predileção de sistema, levou-o a posição antagônica a Buffon e favorável à teoria preformacionista dos seres.

Maupertuis (2004) em sua carta XIV, “*Sobre a geração dos animais, de 1752*”, parte da tradição aristotélica e hipocrática de líquidos seminais. Usando as observações de Harvey (*Sistemas da Natureza*, MAUPERTUIS (2009)) ele explica que quanto mais longe o embrião está do nascimento, mais diferente ele é do animal adulto. Assim a preexistência não explica a herança. Por tanto, segundo Maupertuis, “os fenômenos aconteçam e, para explicá-los, temos que imaginar as propriedades da matéria”. Vamos supor que a matéria passe a ser dotada de memória. Assim, cada animal, no seu líquido seminal é feito de partículas do corpo todo. Desta forma, um novo indivíduo é formado pela mistura dos líquidos seminais de ambos os participantes. Tal explicação, embora epigenética não é experimental.

Já Buffon procurou abandonar a exigência de Deus como a princípio explicativo. Ele diferenciava uma partícula viva da inanimada. Para ele, os seres vivos eram constituídos por partículas vivas (diferentes do primeiro caso). Também para ele essas moléculas estavam atraídas por algo semelhante a atração de Newton. É necessário também um Molde Interior para dar uma estrutura às partículas (CASTAÑEDA, 1995).

John T. Needham foi dentre os citados o filósofo que mais observações apresentou. Viu animais aparecidos do trigo velho com microscópio e procurou provar a origem desses animais em substâncias animais ou vegetais, substituindo o conceito de Buffon pelo conceito de força vegetativa (toda a matéria é dotada de potencial de animação e em determinadas condições, volta à vida).

A ideia comum nessas três hipóteses é que a matéria por si mesma é capaz de organizar o ser vivo. É a base fundamental do materialismo francês. Infelizmente, a epigênese não podia ser comprovada através da observação. Não foi possível evitar que a concepção meramente geométrica do conceito de vida começasse a ser contestada.

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Na abertura do capítulo (e do século XVI), eram os turcos que protagonizavam, ao lado dos europeus, o momento histórico marcado por um

avanço dos primeiros sobre a Europa do leste e central e os segundos, sobre o oceano, às terras do velho e do novo mundo. Três séculos depois (ao final do século XVIII) os Otomanos não representavam mais qualquer perigo às potências européias. A América (à exceção dos Estados Unidos), partes da África, Ásia e Oceania eram colônias que mantinham as metrópoles europeias enriquecidas.

Todo um continente saído do regime feudal, pouco a pouco se constituiu em estados organizados, enriquecidos, primeiro com a exploração dos recursos e escravos na América e África, depois, com a revolução industrial. Nestas situações a sociedade europeia se modificou, radicalmente, graças à modificação do modo de produção dos bens materiais acontecida. O processo de mudança econômica, política e social foi acompanhado pela construção de uma nova visão de mundo, diferente daquela elaborada durante o feudalismo. Era a visão mecanicista de mundo, a semelhança com os mecanismos que compunham as máquinas dos novos tempos.

Ao lado desta nova visão, os tempos pós-feudais exigiram novas tecnologias. Navios, canhões, armas leves, mapas náuticos, relógios, e, mais tarde, teares, e outros instrumentos de produção industrial. E, assim, a ciência, outrora parte da filosofia, iniciou a elaboração de uma metodologia experimentalista, hipotética dedutiva e indutivista. Ao mesmo tempo, lentamente, foi se distanciando do caráter especulativo da filosofia, buscando uma argumentação confirmativa vinda, principalmente, da prática dos artesãos, engenheiros, artistas, matemáticos, cartógrafos e outros práticos. Estava nascendo a ciência moderna. Estes três séculos foram o período de sua gênese. O estudo sobre os organismos vivos se encontra inserido neste contexto.

Este estudo, porém, inicialmente, sofreu uma grande influência da Escolástica medieval como a geração espontânea e a presença da ideia da cadeia do ser na organização natural dos seres vivos expressando a presença de Deus no governo do mundo e da vida. Somente mais tarde, praticamente no final do século XVIII, as explicações materialistas ganharam terreno junto aos fenômenos ligados aos seres vivos. A dicotomia entre mente e corpo, estabelecida por Descartes, em muito colaborou com o estudo do corpo dos seres vivos, evitando uma hostilidade da Igreja em relação a tais questões, já que a alma, neste caso pertencia a outro âmbito que não o do corpo.

O método experimental levado a cabo nos laboratórios, apresentou um grande avanço, assim como a dissecação de cadáveres para estudo do corpo humano. O desenvolvimento da fisiologia graças à descoberta da circulação do sangue (entre outras), os debates sobre a geração espontânea e sobre a herança, a observação das células e do mundo microscópico após a invenção do microscópio, foram questões estruturantes na construção da ciência que viria a ser a Biologia no século seguinte.

Os filósofos naturalistas e sua prática de observação da natureza, também tiveram intensa contribuição aos conhecimentos da época, buscando explicações para a origem dos seres vivos a partir de teorias sobre a existência dos fósseis, a reorganização da ideia sobre a cadeia dos seres e a classificação biológica. Assim, no final do século XVIII, se delineava a constituição de uma ciência da Biologia fundada em duas atividades epistemológicas e ontológicas diferentes, em parte, altamente experimental e indutiva, por outra parte observacional e dedutiva.

2.7 REFERÊNCIAS

AMAZONAS, M. de C. Jardins botânicos: valores estratégicos ecológicos e econômicos. **Ciência e cultura**. v. 62, n1, p.42-46, 2009.

BACON, F. **Novum organum (1620)**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1988.

BEDRIKOW, R.; GOLIN, V. A história da descoberta da circulação pulmonar. **J. Pneumol**. V. 26, n.1, jan-fev. 2000

BERKELEY, G. **Tratado sobre os princípios do conhecimento humano (1710)**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1980.

BERKELEY, G. **Três diálogos de hylas e phitolomeus (1713)**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1980.

BICHAT, X. M. F. **Recherches physiologiques sur la Vie et la Mort**. 9ed. Paris: Charpentier, Librairie-Éditeur, 1866.

CAMPOS, R. D. da S.; SANTOS, C. F. M.; MORAES, E. M. A. É raça ou espécie? A anatomia, a fisiologia e a classificação zoológica na América portuguesa do século XVIII. IN: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA, Maringá, 2009. CD-ROM.

CANTO, M.M. La contribución de Kant al pensamiento biológico en la “Crítica de la facultad de juzgar”. **Rev. Medicina y Humanidades**. v. I, N° 3, p.123-130, Set./Dez., 2009.

CAPANNA, E. Lazzaro Spallanzani: At the Roots of Modern Biology, **Journal Of Expee. R. Ciampeanntnaal Zoology**, v. 285, p.178-196, 1999.

CASTAÑEDA, L. A. História Natural e Herança no Século XVIII: Buffon e Bonnet. **História, Ciências e Saúde- Manguinhos**, v. 2, n. 2, Jul-Out, p. 33-50, 1995.

CHÂTELET, F. **História da Filosofia**. Ideias e doutrinas. IV O Iluminismo. Rio de Janeiro, 1982.

CHAUÍ, M. de S. Vida e obra de Diderot. In: **Textos Escolhidos / Diderot**. São Paulo: Abril Cultural, 1979.

CIPOLLA, C.M. **Canhões e Velas na Primeira Fase da Expansão Europeia (1440-1700)**. Lisboa: Editora Gradiva, 1965.

DESCARTES, R. **Discurso do Método (1637)**. 4ed. Lisboa: Guimarães Editores, Ltda.; 2004.

DESCARTES, R. **Discurso do Método (1637)**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1979.

DIDEROT, D. **Textos escolhidos**. Carta sobre os Cegos (1749); Sonho de D'Alembert (1769). São Paulo: Abril Cultural, 1979.

DONATELLI, M. C. de O. F. Os Excerpta anatomica de Descartes: anotações sobre a fisiologia e a terapêutica. **Scientiæ studia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 235-52, 2008.

EIBESFELDT, I.E. **Etologia**. Introducción al estudio comparado Del comportamiento. Barcelona: Ediciones Omega, 1974.

ESAGUY, J. de. **Alcáçer-Quibir: 1578**. Lisboa: Editorial Império, 1950.

FUTUYMA, D. J. **Evolução, Ciência, Sociedade**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética. 2002

GOULD, S. J. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

GUYÉNOT, E. Biologia humana e animal. p.169-189. In: TATON, R. (dir.) **A ciência moderna II**. O século XVII. São Paulo: Difusão Européia do livro, 1960

HADDAD JÚNIOR, H. História da Fisiologia. p. 1- 30. In: MELLO-AIRES, M. (org.) **Fisiologia**. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogam 2007.

HALL, A. R. **A revolução na Ciência 1500-1700**. Lisboa: Edições 70, 1988.

HALLER, A. De. **Physiologiae**. Goettingae: Apud Viduan Abr. Vandenhoeck, 1780.

HARVEY, W. Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais. [1628]. In: **Cadernos de Tradução**, n.5, Distrito Federal, São Paulo, 1999.

HARVEY, W **Anatomical Exercises on The Generation of Animals**. London, 1651. In : The Works of William Havey translated from the latin with A Life Of The Author by Willis, R. London : Printed for Sydenham Society, 1847.

HEGEL, G. W. F. **Introdução à história da filosofia**. Coimbra: Sucesso, 1980.

HOOKE, R. **Micrographia**. New York: Dover Phoenix Editions , 2003

HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem**. 2ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1964.

HUME, D. **Diálogos sobre a religião natural (1779)**. São Paulo: Martins Fontes, 1992.

HUME, D. **Investigações acerca do entendimento humano (1748)**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1999.

KANT, I. **A crítica da faculdade de juízo (1790)**. Rio de Janeiro: Editora Forense Universitária, 1993.

KANT, I. **A crítica da razão pura (1781)**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1987.

KOYRÉ, A. **Considerações sobre Descartes**. Lisboa: Editora Presença, 1963.

KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1982.

KOYRÉ, A. **Estudos galilaicos**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1988.

KOYRÉ, A. **Galileu e Platão**. Lisboa: Gradiva - Publicações, 1943.

LAVOISIER, A. L. **Essays on the effects produced by various processes on atmospheric air**. London : W. Eyres, 1783.

LEWONTIN, R. **A tripla hélice – gene, organismo e ambiente**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

LOCKE, J. **Ensaio acerca do entendimento humano**. 5^a edição (1706). São Paulo: Editora Nova Cultural, 1999.

LOSEE, J. **Introdução Histórica à Filosofia da Ciência**, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

MALPIGHI, M. **De Viscerum Structura Exercitatio Anatomica**. Amstelodami Apud Petrum Le Gran, 1669

MARTINS, L. A. C. P. **A teoria cromossômica da herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação**. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular). 1997. Universidade Estadual de Campinas . Instituto de Biologia, Campinas, 1997.

MARTINS, L. A. C. P. Bateson e o Programa de Pesquisa Mendeliano. **Episteme**, Porto Alegre, n. 14, p. 27-55, jan./jul. 2002.

MAUPERTUIS, P. M. de. CARTA XIV. Sobre a geração dos animais. **Scientiæ studia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 129-34, 2003.

MAUPERTUIS, P. M. de. Sistema da Natureza. Ensaio sobre a formação dos corpos organizados. **Scientiæ studia**, v. 7, n. 3, São Paulo, p. 473-506, 2009.

MAUPERTUIS, P.M. de. **Venus Physique**. 6ed. Paris, 1751.

MAURO, F. **Expansão Europeia (1600-1870)**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, EDUSP, 1980

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

MCEVEDY, C. **Atlas da História Moderna**. São Paulo: Verbo. EDUSP, 1979

MENDES, E. G. Fisiologia: crises? **Estud. av.** v.8, n.20, São Paulo, Jan./Apr. 1994.

MONTEIRO, João Paulo. **Hume e a Epistemologia**; revisão de Frederico Diehl [1ª. ed. brasileira]. São Paulo: Editora UNESP; Discurso Editorial, 2009.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos da construção histórica do pensamento neo-empirista. **Revista Ciência e Educação**, vol. 5. Bauru: Unesp, 1998, p. 37-54

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos da História da Construção das Ciências da Natureza: das Certezas Clássicas às Dúvidas Pré Modernas. **Revista Ciência e Educação**, v.9, nº 2, 277-299, 2003.

NEWTON, I. **Princípios matemáticos da filosofia natural (1687)**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1979.

OLIVEIRA, A. B. **A Evolução da Medicina até o Início do Século XX**. São Paulo, Pioneira, Secretaria do Estado da Cultura, 1981.

PAPÁVERO, N.; TEIXEIRA, D. Os Viajantes e a Biogeografia, **História, Ciências e Saúde- Manguinhos**, v.8 (suplemento), 2001, p.1015-37.

PINTO, H. **A Medicina no "Discurso do Método" de Descartes**: Um Breve Apontamento. **ARQUI. MED.**, v. 23, n.1, p. 23-26, 2009

PLATÃO. **O Timeu e Crítias**. São Paulo: Editora Hemus, S/D.

PRESCOTT, F. Spallanzani on Spontaneous Generation and Digestion. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, February 5, p.495-510, 1920.

PRESTES, M. E. B. Parâmetros Metodológicos da Pesquisa de Lazzaro Spallanzani. **Circumscribere**, v.2, p26-33, 2007.

RADL, E. M. **Historias de las teorías biológicas**. 2. Desde Lamarck y Cuvier. Madrid: Alianza Universidad, 1988.

REDI, F. **Patritii Aretini Experimenta circa generationem Insectorvm ad Nobiliffimum Virum**. Amstelodami: Sumpitibus Andrea Frisii, 1671.

ROMERO, R. R. Andreas Vesalius (1514-1564). Fundador de la Anatomía Humana moderna. **Int. J. Morphol.**, v.25, n.4, p.847-850, 2007.

RUSSO, M. Irritabilidade E Sensibilidade: Fisiologia E Filosofia De Albrecht Von Haller RUSSO, In MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. C. P.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H (eds.) **Filosofia e História da Ciência do Cone Sul: 3º Encontro**. Campinas:AFHIC, p. 310-319..2004

RUSSEL, B. **História da filosofia ocidental**. Vol. 3. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977.

SENET, A. **O Homem descobre Seu Corpo**. Belo Horizonte, Itatiaia, 1964.

SMITH, A. G. R. **A revolução científica nos séculos XVI e XVII**. Lisboa: Editorial Verbo, 1973.

SPALLANZANI, L. **Dissertazioni di Fisica Animale e Vegetabile**. Modena: Presso La Societa Tipografica , 1780

TEULÓN, A.A. La teoría celular, paradigma de la biología de lo siglo XIX. **Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam**. Vol. 2, p. 241-262, 1982.

VERSALIUS, A. **De humani corporis fabrica libri septem**. Basileae [Basel]: *Ex officina* Joannis Oporini, 1543.

3. CAPÍTULO III – A BIOLOGIA E AS FILOSOFIAS DA CIÊNCIA NO SÉCULO XIX

A principal preocupação deste capítulo é apresentar, resumidamente, o caminho da construção da Biologia durante o século XIX após seu batismo em 1800, quando médico alemão Burdach cunha o termo Biologia (SCHILLER, 1967) que dois anos depois é utilizado pelo naturalista alemão Treviranus e o francês Lamarck para denominar o campo que estuda os seres vivos (MENDELSON, 1964; RADL, 1988; MAYR, 2008). Contudo essa denominação não foi suficiente para marcar o surgimento da Biologia, havendo múltiplos fatores responsáveis por sua consolidação (FREZZATTI Jr., 2003). Caminho que, neste século, trás as questões originadas do século XVIII, sendo estas: a ideia do processo evolutivo (transformações das espécies), da epigênese, das funções do organismo, das paisagens vistas pelos viajantes e da questão da geração espontânea. Mas, trás, também, novas questões que foram formuladas ou indicadas neste século.

No século XIX o desenvolvimento da biologia partiu de duas diferentes visões de mundo centrais: a natureza vista como processo em constante transformação (de Hegel) e a natureza como mecanismo (de Descartes e Newton). A primeira subsidiou o pensamento evolutivo e, mais tarde, o ecológico e o biogeográfico. A segunda sustentou a ideia de constituição estrutural e funcional do organismo. É importante ressaltar que estas visões se expressaram de diferentes formas e mesmo existiram lado a lado, não sendo aqui o objetivo se aprofundar nas suas peculiaridades.

Também, se trás à discussão, ainda que rapidamente, o contexto histórico no qual a Biologia foi elaborada.

A atuação da filosofia sobre o pensamento científico do século XIX foi feito tomando-o como objeto de reflexão a partir dos três grandes eixos de preocupação característicos deste século: a estrutura interna constitutiva da ciência; o contexto sócio-histórico na qual esta emerge e se localiza; e as formas de construção da mesma pelo pensamento. Assim, pretende-se discorrer, rapidamente, sobre os processos nos quais as tradições da filosofia se utilizaram para analisar a ciência, em especial a biologia, que então se desprende de sua estrutura original, a

própria filosofia, já que, nos séculos anteriores, integrava o corpo de conhecimentos desta.

3.1 O CONTEXTO HISTÓRICO DO SÉCULO XIX

O século XIX na Europa nasceu em guerra. Os canhões de Napoleão e sua estratégia ímpar levavam a vitória burguesa da revolução francesa para toda a Europa. A Espanha, outrora uma potência respeitável, fora invadida enquanto seus principais territórios na América e Ásia se tornavam independentes. Inglaterra e França e, mais tarde, a Alemanha, se tornaram as maiores potências do Mundo. Era o período do capitalismo colonial do século XIX e de muitas guerras europeias na África e na Ásia.

O modo de produção europeu, sobretudo nessas potências era, pois, mais moderno do que aquele desenvolvido nos países periféricos e nas colônias. Os valores sociais e culturais produzidos nas metrópoles eram muito diferentes daqueles dos outros países, que, por sua vez, os imitavam (HUBERMAN, 1964).

Ao longo do século os Estados Unidos da América, que se tornaram independentes em meados do século anterior, entraram, lentamente, neste quadro geopolítico complexo, após terem decidido seu modelo econômico na sangrenta guerra da secessão e levado a cabo sua expansão para o oeste (FOHLEN, 1981).

Neste cenário de alta concentração de riqueza e grande desigualdade social, a ciência moderna começara a tomar o seu contorno. O papel da tecnologia já se destacava na confecção de instrumentos eletrônicos, de precisão na coleta e análise de dados. A física e a química, subsidiavam as tecnologias necessárias para o consumo e a expansão desse novo momento do capitalismo. A biologia foi, aos poucos, construindo sua história, seus métodos e ocupando seu espaço.

3.2 A VISÃO DA NATUREZA

No início do século XIX o físico Pierre Laplace deslocou o controle do sistema solar para um princípio originado pelas leis do movimento, retirando assim o Deus de Newton do governo do mundo (CANGUILHEM, 1977). Ao mesmo tempo os novos conhecimentos da física, sobretudo o aparecimento do conceito de energia, ameaçaram a interpretação mecanicista do mundo.

Nos estudos dos seres vivos a concepção mecanicista já não se mostrava suficiente para explicar o que é a vida, pois se afirmava inadmissível que um mundo de matéria interiormente morto e mecânico fosse capaz de produzir a vida a partir de sua única capacidade: redistribuir-se pelo espaço. Havia nas coisas vivas um princípio novo de organização em atividade que diferia qualitativamente do princípio da matéria morta e, já que o domínio da matéria é destituído de diferenças qualitativas, esta não poderia produzir tal característica especial (COLLINGWOOD, 1986).

Para Collingwood (1986), as teorias da evolução só apareceram quando alguns pensadores procuraram trabalhar com um novo modelo de mundo muito influenciado pela ideia hegeliana de desenvolvimento e de finalidade. Collingwood (1986) também entende que, neste mesmo período, o pensamento hegeliano introduzia uma nova possibilidade à visão de mundo dos pensadores da natureza. Hegel considera a natureza dirigida por leis não rígidas, porque não descreviam com exatidão o comportamento de cada indivíduo isolado, descrevia sim uma tendência geral, isto porque havia sempre na natureza uma potencialidade que não atinge sua plenitude.

Nesta perspectiva, na natureza a pedra é sujeito enquanto resiste (ao tempo, a picareta, etc.), mas não tem história, nem finalidade interna. A planta (semente, flor, planta acabada), além de resistir ao ambiente, possui uma história interna (seu desenvolvimento) sem, no entanto, pensar sua finalidade. Já o homem (criança, adulto, letrado, racional) é pensador de sua finalidade interna. Sendo racional ele se preserva enquanto nos estágios anteriores, o sujeito apenas se conserva. Então a forma superior do desenvolvimento era a liberdade. Ser um sujeito pleno, para Hegel, significava ser livre e eterno.

Continuando a análise de Collingwood (1986), a natureza para Hegel é o domínio da exterioridade. Esta exterioridade tem duas formas: uma a que todas as coisas estão fora de todas as coisas (o espaço); outra em que todas as coisas estão fora de si próprias (o tempo). A ideia de um corpo material é a ideia de um número de partículas distribuídas no espaço; a ideia de vida é a de um número de características distribuídas no tempo. Assim, não existe nenhum lugar onde a ideia de um corpo possa ser exemplificada de forma local e nenhum tempo em que todas as características da vida possam ser exemplificadas

O pensamento hegeliano introduziu a ideia de finalidade interna da natureza associada à transformação, mudança e progresso. A natureza é uma corrente que internamente flui em direção ao espírito, sendo ela própria real, mas provisória. Essa visão histórica da natureza, da vida e do espírito humano introduz novos conceitos na cosmologia do século XIX e aponta na direção a uma visão da natureza e da vida não mais como a física mecanicista do século XVIII, mas, como a biologia evolucionista do século XIX (NASCIMENTO JÚNIOR, 2001).

A mente determinando a realidade foi a tese desenvolvida por Hegel e, logo no prefácio da sua *"Filosofia do Direito"*, ele escreve: "O que é racional é real e o que é real é racional" (também citado na enciclopédia das Ciências Filosóficas em Epítome, v. 1. p. 74). Dessa forma é possível construir a racionalidade do mundo e se este não for construído pela racionalidade ele não será um mundo real.

A razão hegeliana, porém, ao contrário da razão kantiana, é pensada como um processo dentro do qual todo ser é a unificação de forças contraditórias (o sujeito de Hegel). A ideia do sujeito, por sua vez, está ligada a ideia de finalidade. Ao invés de reduzir todas as formas superiores do desenvolvimento da matéria à forma inferior, mecânica (como se fazia no século XVIII), Hegel fez o contrário, parte das formas inferiores para se chegar às formas superiores, elaborando a noção de processo (já conhecida nos séculos anteriores). Para Hegel a natureza era constituída pelas leis mecânicas (no âmbito da física clássica) e pelas leis físico-químicas que, ao se confrontarem produzem a vida (na qual possui em si mesma uma finalidade). A natureza se apresenta como a oposição à ideia (lógica) produzindo o espírito. Seu sistema está desenvolvido na *"Fenomenologia do Espírito"*.

É importante ressaltar que para Hegel, a natureza era vista não como um mero mecanismo e sim como um movimento na qual o mecanismo era um dos elementos constitutivos, cujas leis são as mesmas que as leis do espírito e fazendo parte deste.

Com a ascensão da abordagem física sobre os seres vivos no início do século XIX os naturalistas lançaram um novo olhar sobre a natureza da vida e tentaram propor argumentos científicos contra a teoria de Descartes sobre os organismos, para tanto se utilizam de argumentos vitalistas (MAYR, 2008).

O Vitalismo, com surgimento no século XVII, foi uma revolta contra a filosofia mecanicista de Descartes e o fisicalismo de Galileu e Newton para explicação sobre a vida. Os vitalistas possuíam uma diversidade explanatória. Por exemplo, um grupo de vitalista entendia que a vida estava conectada a uma substância especial que não era encontrada na matéria inanimada, ou a um estado especial da matéria que diziam não ser possíveis de explicações físico-químicas; outro grupo de vitalistas sustentava a existência de uma força especial diferente daquela da física. Havia uma diversidade de visões sobre a natureza de tais forças (MAYR, 2008).

Na Inglaterra todos os fisiologistas dos séculos XVI , XVII e XVIII tinham ideias vitalistas, movimento com força até o período de 1800 a 1840. Na França os principais representantes foram a Escola de Montpellier e o histologista Bichat e até mesmo Claude Bernard que se considerava adversário do vitalismo acabou apoiando noções vitalistas. As filosofias práticas de biólogos tais como Wolff, Blumenbach e Müller também era antifisicalistas (MAYR, 2008).

As explicações vitalistas persistiram por um grande tempo, talvez, de acordo com o autor, porque na época não houvesse alternativa à teoria reducionista da vida como máquina. A produção artificial da primeira substância orgânica por Wöhler em 1828 foi um forte evidência contra o argumento dos vitalistas de distinguir as substâncias vivas das não vivas. O último apoio ao vitalismo na biologia ocorreu em 1930 e vários elementos contribuíram para perda de seu status principalmente no século XX (MAYR, 2008).

Radl (1988) entende que a ciência biológica moderna nasceu por volta do final da primeira metade do século XIX, quando a metafísica da filosofia naturalista passou a ser desvalorizada. Por este período os seus principais autores

já se encontravam ausentes do cenário da Europa, tal como Hegel e Goethe. Não que o todo de suas obras tenha sido abandonado, mas sim a visão romântica e vitalista da natureza e da vida que as subjaziam. A época começou a exigir outra forma de entender o mundo que deixou de ser romântico. O materialismo passou a predominar, mas diferentemente do século XVIII, agora voltado para a vida. Todavia, a filosofia naturalista não desapareceu, pois ela, para o autor, responde a uma necessidade essencial do homem, e não morre nunca.

Cabe ressaltar que, principalmente no início do século, o pensamento biológico não se reduzia a um conjunto bem delimitado de ideias. Ao mesmo tempo em que se desenvolviam novas frentes de estudo, novas técnicas e se alterava a estrutura do fazer científico, questões de caráter filosófico eram inseparáveis da investigação biológica (FREZZATTI Jr., 2003) como é possível perceber com a teoria celular que se formula neste século (TEULÓN, 1982).

O século XIX foi constituído principalmente pelas discussões entre os mecanicistas e vitalistas (RADL, 1988; FREZZATTI Jr., 2003) se estendendo até as primeiras décadas do século XX (MAYR, 2008).

Diversas eram as questões que faziam parte do cenário do século XIX, tais como a discussão sobre a relação entre os processos orgânicos e inorgânicos e os argumentos sobre a natureza da vida. O consenso sobre o caráter da vida estava longe de ocorrer, havia forte debate entre várias correntes para definir o fenômeno vital. Os Vitalistas, mecanicistas, químicos dentre outros disputavam o estatuto dos processos orgânicos. Estes eram reduzidos a leis mecânicas ou físico-químicas ou teriam leis específicas? O mecanicismo, nesse embate, não foi criticado apenas por aqueles que se alinhavam com alguma das perspectivas vitalistas, mas também por aqueles que se utilizavam dos métodos de investigação físico-químicos. Olhar para este século é um desafio, uma vez que diferentes eram as posições teóricas dos vários biólogos e filósofos envolvidos (FREZZATTI Jr., 2003).

3.3 A PREOCUPAÇÃO DOS FILÓSOFOS NATURALISTAS SOBRE A ORIGEM E TRANSFORMAÇÃO DOS SERES VIVOS

No início do século XIX a crença vigente era que para se conceber mais profundamente a vida se fazia necessário estudar a estrutura do corpo, neste período se escreveu muito sobre as forças que geram as formas. Jean Leopold Nicolas Frédéric Cuvier, Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, e Augustin Pyrame de Candolle sustentaram esta filosofia com suas teorias, neste terreno nasceu o que se chamou de morfologia idealista. Ela assim foi denominada para diferenciá-la da morfologia evolucionista de Ernest Haeckel. Os estudos se baseavam na construção de esquemas, planos de simetria e eixos para falar de cada gênero e espécie, utilizando-se do método comparado. As interpretações morfológicas eram diversas. Cuvier supunha quatro planos no mundo animal, Geoffroy somente um, Goethe buscava um plano geral nos vegetais, algo como uma planta primordial ideal, Owen construiu um mamífero esquemático o denominando “arquétipo”, etc. (RADL, 1988).

Goethe, apoiado por um fundo vitalista (que acreditava na existência de uma força vital do ser), se apropria da ideia de metamorfose que significa transformação das formas (numa compreensão diferente de Lineu), para explicar o desenvolvimento de uma planta, da semente até a planta adulta. Goethe afirma que a planta se desenvolve em múltiplas formas por transformações sempre do mesmo órgão. As forças originárias dessas transformações seriam: primeiro os sulcos vegetais, depois a luz e o ar, logo as leis de expansão e contração periódicas que são advertidas ao passo que a planta se desenvolve. Tal interpretação foi aceita e seguida por muitos nos fins dos anos 30 e 40 do século XIX. Outros botânicos apenas se interessavam na observação dos órgãos das plantas, mas Goethe acentuava a ideia de que as partes dos vegetais são concreções palpáveis, manifestações efêmeras do fluído vital que é impalpável e não pode ser concebido pelos sentidos, somente pela inteligência. A interpretação de Goethe à ideia de metamorfose foi feita em um sentido muito geral, servindo de base para sua botânica e zoologia, como também à totalidade da filosofia biológica (RADL, 1988)

A teoria de Goethe teve diferentes interpretações, mas ninguém interpretou bem seu fundo vitalista. Naquela época, por influencia dos franceses,

florescia a morfologia na Alemanha e a metamorfose somente foi aceita nos seus aspectos morfológicos, entendendo-se que o problema vital era pouco científico (RADL, 1988).

Para Radl (1988) o conceito de metamorfose, entendido de forma profunda, foi a base da filosofia biológica na primeira metade do século XIX, com extensões em outras áreas além da anatomia, como a psicologia e a filosofia. Sustentando uma compreensão sobre a “evolução” dos seres vivos antes da proposição de Darwin. Após a publicação da obra *Origens das Espécies*, finalizaram-se as argumentações sobre o progresso do espírito na natureza e sobre a realização de diferentes planos e o conceito de metamorfose tornou-se somente um rudimento.

Na botânica o conceito de metamorfose inventado para falar sobre as semelhanças dos órgãos, os zoólogos chamaram de analogia e homologias. Outros foram os conceitos dentro dessa visão vitalista, tais como divisão de trabalho, progressão, morfologia, arquetônica, sistema natural baseado na morfologia, os quais posteriormente foram apropriados pelo darwinismo utilizando de seus elementos triunfantes abandonando-se a ‘doutrina’ que trazia subjacente substituindo-a por uma nova concepção de mundo (RADL, 1988).

Também neste século foi proposta o problema da origem das espécies, gêneros, etc. Durante o século XVIII não houve inquietudes para investigar se as espécies haviam nascido ou sido formadas, se existiam espécies ou não; problema escolástico antigo que foi renovado pelos biólogos no século XVIII, uma vez que se defendia até então que Deus tinha criado tudo (RADL, 1988).

Um importante caminho para o entendimento da história natural dos animais e plantas veio da interpretação dos fósseis apresentada por G. George Cuvier (1769-1832), o pai da paleontologia dos vertebrados. Para explicar as dimensões gigantescas e o desaparecimento desses fósseis, Cuvier elaborou a Teoria das Catástrofes na qual a Terra periodicamente sofria grandes movimentos com a ocorrência de grandes extinções e, em seguida, períodos de calma, com novas criações (CUVIER, 1833).

Segundo Ferreira (2003), Cuvier, assim como a maioria dos naturalistas da época, sofreu profunda influência do conceito de teleologia, abandonado pelos filósofos e experimentalistas de tradição mecanicista. Havia um

distanciamento explícito dos experimentalistas pesquisadores dos fenômenos físicos e químicos que recusavam essa ideia das causas finais.

Entretanto, para Cuvier o conceito de adaptação é estabelecido por uma causa final, a qual abrangia os critérios tipológicos usados para organizar a diversidade do mundo vivo. As funções biológicas eram determinadas pela relação entre os órgãos de um ser vivo e cada ser e seu ambiente. Essas determinações relacionais eram, por ele, denominadas de correlação de partes e condições de existência. O conceito de adaptação era rigidamente determinista e reforçava a ideia de espécies fixas (FERREIRA, 2003).

Outros pensadores como Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling, Lorenz Oken, Carl Gustav Carus e Geoffroy Saint-Hilaire, buscaram uma visão menos determinista da adaptação, através de leis mais gerais e não a partir de cada ser vivo. Esta versão menos determinista da adaptação, permeada, por sua vez, pelo conceito de progresso, enfraquecia a teleologia criacionista ortodoxa e fixista e possibilitava algum dissenso e o eventual surgimento de novas ideias, como, mais tarde, a teoria darwinista da seleção natural (FERREIRA, 2003).

Já Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) inaugurou a Paleontologia dos Invertebrados e lançou a primeira teoria fundamentada sobre a evolução dos seres vivos contestando a visão catastrofista de Cuvier (1833). Lamarck entendia que todas as formas de vida eram originalmente produzidas por geração espontânea (MARTINS, 1994).

Partido de um germe microscópico, a forma de vida é impulsionada por uma necessidade de tornar-se complexa. As modificações levam gerações para ocorrerem. Assim, como o anfíbio é mais simples que o mamífero, então, apareceu mais tarde. E as formas mais inferiores, ainda mais tarde. Neste esquema, os seres vivos formam uma hierarquia semelhante à Cadeia dos Seres. Mas, havia uma importante diferença. Lamarck não acreditava que a cadeia dos seres fosse a mesma para os animais e os vegetais (MARTINS, 1997).

Para Lamarck, pode haver transformação paralela, graças ao hábito que modificava a forma a partir das necessidades apresentadas pelo meio. Esta ideia implica que a evolução é dirigida por um impulso de fora para dentro do indivíduo. Esse mecanismo foi denominado Herança dos Caracteres Adquiridos (*Filosofia Zoológica* [1809] LAMARCK, 1914).

Na formulação de Lamarck, a teleologia é expressa com um novo significado. Enquanto em seus predecessores ela aparece como um princípio relacional, como uma harmonia estática de correlação das partes e condições de existência, Lamarck lhe atribui um caráter dinâmico resultando em um processo sem fim voltado para graus crescentes de perfeição e de complexidade. O ser humano seria o ápice provisório desse processo (FERREIRA, 2003).

Charles Lyell (1837), em seu livro *Princípios da Geologia* substituía a metafísica das causas finalistas, vindas ou não, da "providência divina", pelas causas materiais. Os equilíbrios naturais seriam resultante frágil de fatores antagônicos. Ele fornecia os meios para se pensar o encontro do meio ambiente físico com as populações animais e, sobretudo, vegetais. Thomas Malthus (1852), por sua vez, alertara para o conflito entre o crescimento populacional e a disponibilidade de alimento.

Darwin reuniu a ideia de descendência modificada com o conceito de seleção natural e colocou-a no lugar da explicação finalista tradicional. Assim, a necessidade de um criador deixou de existir, sendo substituída pela ação do ambiente. O determinismo, no entanto, não foi totalmente abandonado. A ideia de seleção natural transportada para as ciências sociais de forma mecânica, supondo que o ambiente humano tenha as mesmas características do ambiente natural, produziu simplificações reducionistas que sustentaram ideologias conservadoras, como o darwinismo social de Herbert Spencer.

De acordo com Mayr (2008), *A origem das espécies* de Darwin estabeleceu cinco teorias relacionadas a aspectos diferentes da evolução variacional:

[...] (1) que os organismos evoluem continuamente ao longo do tempo (teoria da evolução em si); (2) que diferentes tipos de organismos descendem de um ancestral comum (a teoria da origem comum); (3) que as espécies se multiplicam ao longo do tempo (a teoria da multiplicação das espécies ou especiação); (4) que a evolução se dá nas populações (a teoria do gradualismo); (5) que o mecanismo da evolução é a competição entre grandes números de indivíduos únicos por recursos limitados, o que leva a diferenças em sobrevivência e reprodução (a teoria da seleção natural) (MAYR, 2008, p. 241).

Para Mayr os biólogos atualmente assumem a primeira não como teoria, mas como fato. As mudanças registradas nos fósseis e inscritas nos registros

geológicos se fixam como um *fato* chamado por *evolução*. Ainda de acordo com ele, o caso dos fringílidos em Galápagos já havia dado a convicção sobre a teoria da descendência comum, havendo grande e imediata aceitação. Além disso, as manifestações da origem comum podem ser observadas pela anatomia comparada, pela embriologia comparada, sistemática e pela biogeografia. A objeção viria com a inserção do homem no cenário da descendência com modificação. Também por ele explicar que os organismos derivam de outros organismos, mas não ter explicado a origem da vida. Uma das objeções mais fortemente levantadas contra a teoria gradualista foi que ela não era capaz de explicar a origem dos órgãos, estruturas, capacidades fisiológicas e padrões de comportamento inteiramente novos. A descoberta das extinções em massa foi a segunda objeção contra esta teoria.

O que Darwin não pode explicar foi a origem da variação encontrada nas populações sobre a qual atuava a seleção natural (MAYR, 2008). Se determinada população respondia às pressões ambientais de forma positiva, ou seja, se reproduzia de forma eficiente com uma grande taxa de sobrevivência de seus descendentes férteis, como apareciam as formas alternativas que poderiam ser selecionadas a partir de alguma mudança ambiental importante? Na Origem das Espécies ele escreve:

A nossa ignorância a respeito às leis da variação é muito profunda. Não podemos, uma vez em cem, pretender apresentar as causas de uma variação qualquer. Contudo, todas as vezes que conseguimos reunir os termos de uma comparação, notamos que as mesmas leis parecem ter atuado para produzir tanto as pequenas diferenças que existem entre as variedades de uma mesma espécie, como as grandes diferenças que existem entre as espécies do mesmo gênero (DARWIN, 1987, p.126).

Em 1868 ele publicou *The variation of animals and plants under domestication* onde desenvolve suas ideias sobre hereditariedade inicialmente vinculadas à herança dos caracteres adquiridos (CASTAÑEDA, 1994). Mais tarde, com os resultados de Weismann, Darwin aderiu a teoria da pangênese como explicação para a origem da variação. Howard (2009) afirma que Darwin não resolveu a questão da herança. Ele apresenta a ideia da pangênese na primeira edição de 1868 da Origem das espécies, mas nas demais edições não o faz. Sobre esta questão Castañeda (1994) coloca que, embora Darwin tenha feito investigações sobre a variação, sua obra indica incertezas sobre a questão, não

possibilitando a certificação de que ele resolvera as suas dúvidas ou não. A resposta sabe-se hoje, estava na genética. Isto, no entanto, foi uma questão para o século XX.

Se o finalismo em Lamarck se ligou à ideia de um processo de transformação, em Darwin esta transformação se apresenta multidirecional, se distanciando de possíveis esquemas teleológicos, substituindo as causas finais por causas eficientes imediatas. Uma vez que a seleção natural era suficiente para explicar a orientação do processo, Darwin não encontrou lugar para nenhuma explicação teleológica. O progresso em termos de um aumento de complexidade produzido pela evolução seria uma consequência do processo como um todo, mas não uma tendência necessária em todos os casos durante todo o tempo (FERREIRA, 2003).

No entanto Collingwood (1986) afirma que Darwin falava, constantemente, em uma teleologia não consciente da natureza. A vida é concebida como se assemelhando ao espírito e, diferenciando da matéria ao desenvolver-se num processo histórico, orienta-se através desse processo não ao acaso, mas sim em direção à produção de organismos mais aptos para sobreviver em determinado ambiente.

Esta teoria, em princípio, implica a concepção filosófica de uma força vital, ao mesmo tempo imanente e transcendente em relação a cada um dos organismos vivos; imanente por existir personificada nesses organismos; transcendente por procurar realizar-se não apenas na perpetuação do seu tipo específico, e sim por estar sempre tentando encontrar, por si mesma, uma realização mais adequada num novo tipo. No plano da filosofia, a concepção do processo vital como diferente das transformações mecânicas ou químicas revoluciona a concepção de natureza (COLLINGWOOD, 1986), como a apresentada por Hegel.

Numa perspectiva complementar, Darwin foi o primeiro a introduzir o ponto de vista filogenético comparado na investigação do comportamento com seu trabalho sobre os movimentos de expressão no homem e nos animais.

Além de Darwin, segundo Eibesfeldt (1974), Johann B. T. Altum, em 1868, escreveu sobre formas de comportamento inato nos animais e James em 1890 descreveu os instintos como correlacionados com os órgãos. Da mesma

maneira que um animal tem certos órgãos, possui também a capacidade inata de utilizá-los e esta capacidade se basearia em uma organização neural determinada. Lloyd Morgan (1890-1900) se expressa de forma semelhante ao dizer que a estrutura do sistema nervoso central em que se baseiam os instintos é um resultado do desenvolvimento filogenético. Estes autores são considerados os precursores da etologia (EIBESFEDT, 1974).

Mas Darwin não foi o único construtor da teoria da seleção natural. Ele divide a elaboração desta obra com Alfred Russel Wallace. Este jovem naturalista, que viajando pelo sudeste asiático e estudando sua fauna e sua flora, chegou às mesmas conclusões que Darwin, por caminhos diferentes (HORTA, 2003a).

Segundo o autor, Wallace apresenta duas fases acerca do pensamento sobre a origem das espécies. Na primeira, acreditava poder resolver todos os fatos relativos à evolução através da hipótese da especiação por separação geográfica, sem perceber que as inúmeras espécies existentes na parte contínua de territórios continentais não se encaixavam na proposta. Nesta fase não há ainda em Wallace os temas da luta pela existência e da seleção natural. Contudo, já possuía uma teoria evolucionista completa com um mecanismo causal (o mecanismo da separação geográfica como *causa* da evolução) que ele, em 1858, abandonou em favor da seleção natural das variedades (HORTA, 2003b). Assim, foi atribuída a Darwin e a Wallace a autoria da teoria da seleção natural.

Após a teoria da evolução gradual das espécies a partir de um ancestral comum ter sido aceita, muitas teorias concorrentes foram elaboradas para tentar responder qual era o mecanismo que produzia mudança evolutiva, estas foram debatidas por oitenta anos muitas sendo refutadas restando a teoria da seleção natural a qual é vigente até o presente como será discutido no século XX (MAYR, 2008).

3.4 OS PESQUISADORES VIAJANTES

Enquanto muitos estudiosos procuravam as respostas sobre velhas questões re-formuladas à luz dos novos tempos, outros procuravam novas questões (ou respostas) em novos lugares. Por isso, o século XIX foi um período pródigo em viagens. Os navegantes dos séculos anteriores tinham encontrado coisas extraordinárias nas regiões do novo mundo e a velha ideia medieval já havia deixado lugar aos novos tempos. Após Darwin, a ideia de evolução expulsava os últimos vestígios da cadeia do ser. Eram os tempos dos argumentos de uma sólida e vitoriosa burguesia.

Os viajantes do século XIX buscavam, para o mundo que iam conhecendo, explicações menos dogmáticas do que aquelas produzidas nos séculos anteriores. Tentavam elaborar explicações articuladas entre as novas coisas que encontravam e os elementos que as velhas ideias forneciam. Dentre os viajantes Alexander von Humboldt e Dalton Hooker, entre outros, observam que paisagens semelhantes em termos físicos apresentam flora e fauna diferenciadas, por exemplo na América do Sul, Nova Zelândia e Austrália. Humboldt (1826) em 1804 publica *Viajem às regiões equinociais de Novo Continente* e enumera as diferentes formas vegetais das paisagens terrestres encontradas por ele.

Conforme Springer e Vitte (2009), este pesquisador-viajante trazia consigo o vitalismo de Johann Friedrich Blumenbach, a noção de orgânico de Kielmeyer, e ainda, a noção kantiana de teleologia da natureza e de organismo. Por isso, ainda conforme estes autores, Humboldt entendeu a paisagem como a manifestação de relações e conexões apresentadas a partir de um vitalismo, uma enteléquia existente na natureza a qual ele chamará de “fisiogonomia” da paisagem. Esta permite, além do conhecimento mecânico da natureza, a descoberta de uma arqueologia de tempos acumulados.

Essa noção de “fisiogonomia” da paisagem irá se transformar nos conceitos de fisiologia e de geoesfera. Esta última é vista pelo autor como o produto de múltiplas causas e interações onde vários climas se sucedem ao longo do tempo deixando suas marcas nos estratos. Isto permite, por meio da observação, de medidas e de correlações espaciais, reconstruir a história da natureza em

paleoespaços. Assim, Humboldt lançou as bases da geografia física, da ecologia e, ainda, influenciou o evolucionismo de Charles Darwin (SPRINGER; VITTE, 2009).

Alphonse de Candolle (1806-1893), por sua vez, publica *Geografía botânica* e define o agrupamento vegetal, a base da noção de ecossistema. Asa Gray (1810-1888) e Adolf Engler (1844-1930) contribuíram, significativamente, com os seus relatos para uma melhor caracterização das formas de distribuição vegetal no mundo. Estes autores são considerados os fundadores da Geografia Botânica. De acordo com Radl (1988), Candolle compartilhava da morfologia idealista, defendendo a ideia de que o botânico deveria investigar a simetria do corpo vegetal ao modo que o cristalográfico investiga o cristal.

Estes pesquisadores-viajantes observaram e analisaram a vegetação das terras que visitaram e, além de conhecerem novas espécies, encontraram uma organização vegetal diferente da europeia. Indivíduos da mesma espécie apresentando fisionomias diferentes em lugares diferentes; indivíduos de espécies diferentes apresentando fisionomias semelhantes em lugares semelhantes e outras tantas variações associadas entre o ambiente e a população vegetal (ACOT, 1990).

Nos séculos anteriores, o olhar dos viajantes se voltava para uma explicação divina, ligada à cadeia do ser. Mas, após a segunda metade do século XIX, os viajantes procuravam soluções à maneira de Lyell e Darwin. Respostas na própria natureza. E, ainda, com uma preocupação positivista, ou seja, procuravam as leis relacionais sobre os fenômenos que constatavam. Buscavam, portanto, as relações entre os fenômenos observados. Plantas de espécies diferentes com fisionomias semelhantes expressavam uma aparente relação com solo semelhante, clima semelhante, topografia semelhante, etc. (ACOT, 1990).

Das muitas e interessantes descobertas desses geobotânicos uma das mais relevantes foi a constatação de certa regularidade na repartição fisionômica dos vegetais na superfície do globo, iniciando o estudo do conjunto das comunidades vegetais em determinado território. E, ao estudar as características do meio externo eles observaram que tais comunidades apresentavam um grau de interação com seu ambiente ligado ao crescimento, desenvolvimento e distribuição dessas comunidades.

Desta forma, os primeiros passos da ecologia foram dados a partir da geografia botânica. Ainda que Darwin tenha se preocupado com a interação entre os organismos e o meio na publicação de *A origem das espécies* e que a definição do termo Ecologia seja creditada ao evolucionista Ernest Heinrich Haeckel (1834-1919), em 1866 - em uma nota de pé de página na sua obra *Morfologia Geral dos Organismos* (ACOT, 1990). Todavia, há também na literatura, que já em 1858, o norte-americano naturalista e filósofo transcendental, Henry David Thoreau utilizou o termo ecologia (ZUBEN, 2005).

Hackel anuncia muitas definições de ecologia, dentre elas pode ser sintetizada: a ecologia é o estudo das inter-relações complexas dos seres vivos (estabelecidas a partir) da luta pela existência (ACOT, 1990).

Matagne (2003) também se atenta para o fato de que ainda que o contexto no qual foi criado o termo ecologia seja darwiniano, seria imprudente deduzir, de maneira quase mecânica, que existe uma filiação histórica entre o darwinismo e a ecologia. As análises tendem a mostrar que até ao início do século XX os fundadores da ecologia e os primeiros ecólogos não inscrevem os seus trabalhos num quadro darwiniano, mas antes o de uma biogeografia que se interessa mais ao estado adaptado que à análise dos processos de adaptação. Pode-se acrescentar que a concepção da adaptação direta de diversos ecólogos ou pré-ecólogos está próxima da de Lamarck (MATAGNE, 2003).

Há, pois, algumas diferenças do pensamento dos geobotânicos em relação aos evolucionistas darwinistas. A unidade de estudo, para os geobotânicos, era a comunidade biológica e, para os evolucionistas, era a espécie. A escala de tempo considerada, para os geobotânicos, eram as variações sequenciais das situações impostas às comunidades vivas e, para os evolucionistas, era a temporalidade geológica. Por último, os aspectos estudados pelos geobotânicos eram realizados a partir de comunidades botânicas e, para os evolucionistas, eram fundamentalmente de natureza zoológica.

Ao lado dos botânicos, surgiram alguns naturalistas interessados na distribuição e nos hábitos dos animais das novas terras. Eram, principalmente, Ludwig Karl Schmarda (1853), Slader (1858), Thomas Henry Huxley (1868) e Wallace (1876). Este grupo de pesquisadores quando observaram a distribuição dos organismos, perceberam que estes estavam adaptados às condições da região

que ocupavam e que podiam agrupá-los em conjuntos característicos de acordo com as diversas regiões produzindo unidades biogeográficas. Estas eram, por sua vez, divididas em domínios, os domínios em setores, e esses, em distritos, numa hierarquia geográfica.

Os grupos de espécies (táxons) que ocupavam cada região também apresentavam uma hierarquia. As unidades abrigavam um endemismo de ordens ou famílias, as regiões um endemismo de famílias e gêneros, e, finalmente, os distritos, apresentavam um endemismo de gênero, espécie e subespécie.

Num dos primeiros e mais importantes tratados dessa nova ciência publicado em *The geographical distribution of animals* (1876), Wallace quantificou a fauna neotropical em mais de 900 gêneros, entre os quais 4/5 dos gêneros de mamíferos e 5/6 dos de aves, e pelo menos 45 famílias de vertebrados são peculiares à Região Neotropical. A despeito do subjetivismo da delimitação das categorias taxonômicas superiores à espécie, aqueles números dão uma ideia de quanto a fauna neotropical tinha de peculiar (ALMAÇA, 2002). Através de seus trabalhos, Wallace estabeleceu os conceitos básicos da biogeografia, que ainda são vigentes. Por esses motivos ele é considerado o pai da biogeografia.

Segundo sua teoria, todas as espécies de plantas e animais conhecidas atualmente tiveram sua origem em uma área específica e limitada, colonizando outras regiões por dispersão. Esses grupos de animais e plantas podem se distribuir de quatro formas principais: cosmopolita, (área que cobre a maior parte do planeta); circuneterrestre (áreas que se localizam ao redor do mundo entre os limites latitudinais); disjunta (áreas descontínuas, fragmentadas); e endêmica (áreas restritas a um território).

O êxito da dispersão depende da capacidade de movimento e das condições climáticas que determinam a sobrevivência dos grupos, cujos obstáculos são conhecidos como barreiras, as quais são os limites da dispersão. Estas barreiras de isolamento apresentam grande variação e podem ser geográficas, ecológicas ou genéticas e mostram que as regiões mais ricas em endemismos no planeta são as ilhas, montanhas e desertos.

Wallace, tomando como base a distribuição das plantas e animais (principalmente mamíferos), propôs a divisão do planeta nas seguintes regiões: Neoártica (América do Norte); Neotropical (América do Sul, Central e Antilhas);

Etiópica (África, exceto o norte, a península Arábica e a ilha de Madagascar); Paleártica (Norte da África e Eurásia); Oriental (Sudeste da Ásia, ilhas de Sumatra, Java e Bornéu) e Australiana (Austrália, Tasmânia e Nova Guiné). A união das grandes regiões biogeográfica era a zona de transição.

Desta forma, as explicações dispersalistas dominaram a biogeografia, baseadas na premissa de que a Terra era estável e de que havia centros de origem possíveis de ser identificados. Os seres vivos do globo estariam distribuídos de forma regular obedecendo a um padrão, separados por regiões de transição.

No campo da pré-ecologia, em 1875, Eduard Suess (1831-1914) introduz o termo biosfera no último capítulo de uma obra sobre a formação dos Alpes, para designar o conjunto de seres vivos no planeta. Há novamente uma alusão ao termo em sua grande obra, “*A Face de Terra*” (1885-1909), a primeira exposição de geologia geral do globo. A biosfera aparece nesta obra, como o lugar acima da litosfera onde habitam os seres vivos, como resultado de um fenômeno limitado pelo espaço e tempo (MATAGNE, 2003).

O termo foi conceituado pelo geólogo Wladimir Ivanovitch Vernadsky (1863-1945) numa obra publicada em 1926 em russo, e em francês em 1929. Biosfera significa a região do globo terrestre onde estão contidos todos os seres vivos e seus ecossistemas (VERNADSKY, 1997)

Em 1877 Karl Möbius (1825-1908) cria o termo biocenose (do grego bios: vida e koinos: comum) por ocasião de uma missão científica de investigação das causas do esgotamento dos bancos de ostras em algumas regiões da Alemanha ocidental. O cientista concebe o termo como “uma comunidade de vida”. A originalidade do seu trabalho é considerar não somente a ostra, o seu assunto de estudo, mas também o restante da comunidade animal e vegetal que se relaciona com estes moluscos numa área específica (MATAGNE, 2003).

Stephen Alfred Forbes, em 1887 publica *O lago como um microcosmo*, aprofundando a discussão da relação entre os organismos a partir da luta pela sobrevivência e entre estes e o meio ambiente, a partir da seleção natural. Para o autor as comunidades apresentavam um equilíbrio no número de espécies que as constituem (ANGELINI, 1999).

As proposições pré-ecológicas, biogeográficas e evolucionistas caminharam lado a lado durante a segunda metade do século XIX, se encontrando efetivamente apenas nas primeiras décadas do século XX, após a ecologia e a biogeografia passarem a ser constituídas como ramos da Biologia.

3.5 O APRIMORAMENTO DAS PESQUISAS EXPERIMENTAIS

Os séculos anteriores pouco a pouco foram fortalecendo as práticas experimentais como uma forma de compreensão dos fenômenos naturais. Durante a primeira metade do século XIX começa-se, pois, uma preocupação geral acerca das orientações estabelecidas pelos experimentalistas para garantir os resultados destas simulações experimentais.

O microscópio teve novo lugar na pesquisa, trazendo várias contribuições ao ser empregado em maior escala no início do século XIX. Ainda no final do século XVIII Cuvier rechaçava o microscópio, Marie François Xavier Bichat também o fazia por que para ele se oferecia visões distorcidas dos objetos, certo que os microscópicos da época eram bem rudimentares. Mas já em 1807 era possível empregar aumentos de 180 a 400 diâmetros. Em 1837 Franz Julius Ferdinand Meyen aumentou os órgãos vegetais em 500 vezes e desde 1840 o microscópio passou a ter uso mais comum (RADL, 1988)

Foi John Herschel, em 1830, um dos precursores na procura de um procedimento adequado para se fazer ciência. Para ele o início é a descoberta das leis da natureza. Em seguida, a incorporação dessas leis em teorias por generalização indutiva ou pela criação de hipóteses que as relacionem. John Stewart Mill, em 1843, estabeleceu os procedimentos padrões para a experimentação, os quais são utilizados até os dias de hoje. A aplicação de tais procedimentos nos diversos ramos das ciências da vida deu origem à Biologia Experimental (NASCIMENTO JÚNIOR, 1998).

3.5.1 A QUESTÃO DA ESTRUTURA E FUNÇÃO

Durante o século XIX a descoberta do princípio da conservação de energia nos sistemas físicos e químicos estimulou diversos pesquisadores a avançarem esses estudos nas ciências da vida como Carl Voit (1831-1908), Max von Pettenkofer (1818-1901) e Max Rubner (1854-1932), e outros (HADDAD JÚNIOR, 2007).

A histologia foi nomeada em 1819 por August Franz Joseph Karl Mayer (1787-1865) a partir da *Anatomía Geral* de Bichat como a ciência que descreve os tecidos animais e vegetais (MARÍAS; ENTRALGO, 1964).

Também neste período a fisiologia e a farmacologia contemporânea foram moldadas. Foi François Magendie, um dos primeiros grandes fisiologistas, escritor do *Compêndio Elementar de Fisiologia* de 1816 (MAGENDIE, 1824) e um dos pais do experimentalismo moderno (SENET, 1964). Talvez ele, também possa ser considerado o primeiro farmacologista, pois, estudou a ação nos animais de numerosas substâncias (morfina, emetina, estricnina, veratrina, etc.) e publicou no início do século XIX *Formulário para a preparação e emprego de vários medicamentos novos* (MAGENDIE, 1824).

No entanto, como cita Garret (1988), o primeiro Instituto de Farmacologia foi fundado em Giessen, em 1844, por Philip Phoebus. Rudolf Buchheim, seu sucessor, é, geralmente, considerado como o verdadeiro iniciador da moderna farmacologia. Sob a sua direção estudou Oswald Schmiedberg que publicou o primeiro jornal de Farmacologia Experimental. Os seus trabalhos foram muito importantes assim como seu Instituto em Estrasburgo. Pode se dizer que a primeira geração de farmacologistas, europeus e americanos tem as suas raízes em Estrasburgo (GARRET, 1988).

Por outro lado, Claude Bernard (1813-1878), o mais importante discípulo de Magendie, foi o primeiro a utilizar substâncias farmacologicamente ativas, como o curare, para o estudo de mecanismos biológicos. Os seus estudos se tornaram clássicos (SENET, 1964; OLIVEIRA, 1981).

Este pesquisador, em 1865, publicou o livro *Introdução ao Estudo da Medicina Experimental* (BERNARD, 1996), o qual lançou as bases metodológicas da

nova fisiologia experimental se concentrando na autonomia da fisiologia e na importância da experimentação (ROMO, 2007). O fisiologista deveria preocupar-se primordialmente com fenômenos fisiológicos por natureza. Bernard também formulou a ideia unificadora da fisiologia moderna: a teoria do *meio interno*. Este meio refere-se ao fluido entre as células, o líquido intersticial. A fisiologia seria entendida como o conjunto de operações realizadas pelo organismo cujo propósito é a manutenção do equilíbrio do meio interno.

Conforme mostra Canguilhem (1977), Claude Bernard considerava os fenômenos vitais como resultantes unicamente de causas físico-químicas. Por outro lado também afirmava que o organismo se desenvolve segundo um projeto, um plano de ordem a partir de ovo, uma regularidade cuja organização leva a seu equilíbrio interno. Na realidade, a fisiologia se apresentava como uma ciência pouco darwiniana, com procedimentos “a priori”, feita em laboratório, com preocupações pouco ligadas às flutuações populacionais como as questões darwinistas e muito mais voltadas para a determinação das constantes funcionais dos organismos. Neste caso a teoria cartesiana estava, fortemente, presente.

Por outro lado, Johannes Müller (1801-1858), autor de *Elementos de Fisiologia*, 1843, o pai da fisiologia alemã, era contrário à viviseção e preconizava a observação. Seus discípulos, também fizeram fundamentais contribuições para a fisiologia, a principal delas foi a Teoria Celular de Matthias Jakob Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882). Outros dois alunos de Johannes Müller, foram Emil du Bois-Reymond (1818-1896) e Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) que obtiveram um grande avanço na eletrofisiologia medindo a velocidade de condução de um potencial de ação no nervo (GONZÁLES, 1998).

O cenário histórico prévio a formação da teoria celular se inicia no século XVII com as observações de Hooke e nos séculos posteriores com a reunião de um grande número de informações e observações imprecisas e que aludiam vagamente entidades biológicas que tinha a natureza ainda em discussão. O conceito de célula ainda era aplicado pelos botânicos e zoólogos longe de ser unívoco (RECIO, 1990) ora era entendido como um ente real, ora uma mera cavidade oca (TEULÓN, 1982).

De acordo com Teulón (1982), no início do século XIX, com o avanço dos estudos microscópicos os glóbulos e vesículas eram cada vez melhores observados, buscando assim uma articulação com a teoria da fibra, havendo algumas tentativas. Berg propõe o que chamou de teoria de fileira de contas. Podendo ser citado também Jean-Louis Prévost e Jean-Baptiste André Dumas, Home e Karl Friedrich Heusinger, sobretudo Milne Edwards e a Adolph Friedrich Hempel em sua obra de 1819 *Einleitung in die Physiologie des menschlichen Organismen*. Antes da formulação da teoria celular, mesmo sendo possível observar as células elas eram analisadas sob a égide da fibra.

Sendo assim, a teoria celular elaborada por Schleiden e Schwann surge num cenário que possuía investigações longas e diversas realizadas por uma tradição de investigação microscópica em torno da estrutura orgânica e a natureza do organismo, mas também com a existência de conclusões altamente especulativas dos filósofos naturais. Até 1830 essas tendências se mesclavam (RECIO, 1990).

Os trabalhos de Schleiden sobre a fitogênese em 1838 e a obra que Schwann publicou depois (em 1839) ampliando aos animais as investigações de Schleiden teve um grande mérito: sistematizaram em uma teoria acabada e homogênea os ensaios teóricos e as observações desconexas e as dúvidas especulativas que até então se proliferaram na anatomia microscópica, na fisiologia animal e vegetal. Assim, conseguiram uma linguagem teórica unificada, a apresentação de observações reproduzíveis, e sobretudo, a possibilidade de submeter o grande repertório das formas orgânicas e as operações fisiológicas a unidades de estrutura e função tão simples como as células. Estas foram as maiores consequências que puderam ser notadas a partir de 1839. Mas é fato que a teoria celular de Schleiden-Schwann sofreu correções desde sua formulação (RECIO, 1990).

Schleiden e Schwann rechaçavam a ideia vitalista que o seu próprio mestre Müller defendia, porém cada um a partir de um ponto de vista distinto. Schwann defendia a unificação fisiológica se propondo medir as propriedades fisiológicas do órgão a partir da mensuração física, tendo como hipótese a possibilidade da unificação da natureza por meio das leis (RECIO, 1990), sua posição filosófica era de um racionalismo cristão na linha de Descartes e Leibniz

(TEULÓN, 1982). O vitalismo se propunha a combater essa uniformidade, estabelecendo diferenças entre o mundo orgânico e inorgânico, buscando uma delimitação entre as ciências biológicas e ciências físicas. Schleiden, por sua vez, com uma formação filosófica neokantiana, rechaçava a possibilidade ontológica das teorias científicas e chega ao reducionismo, mas não quis chegar a esfera do real como Schwann pretendia (RECIO, 1990).

A teoria celular possibilitou uma explicação única para desenvolvimento dos organismos ao confirmar que as células dos tecidos animais se originavam de forma semelhante dos vegetais e constatar que qualquer tecido era composto de células (RECIO, 1990).

Para o autor, isto trouxe consequências fisiológicas e uma nova era para a Biologia que passa a designar uma atividade científica que buscava a resolução teórica, a explicação e a justificação dos fenômenos que se tornaram seu objeto. A teoria implantou um novo paradigma, que ainda hoje direciona passos da investigação biológica, modificando as ideias sobre a estrutura dos seres vivos e iniciando a unificação teórica da zoologia e da botânica.

Puig *et alli* (2005) também consideram que a teoria celular foi uma generalização fundamental para a Biologia, pois determinou o substrato material do mundo orgânico. Piñero (2004) entende que a teoria celular forneceu os primeiros princípios unificadores das ciências biológicas. Igualmente, Teulón (1982) formula que o paradigma da teoria celular permitiu trazer esclarecimentos para um problema fundamental dos biólogos vindo do século XVII, que se expressa na relação vida-matéria ou vida-estrutura. De acordo com o autor são dois os problemas enfrentados, o primeiro é a estrutura – que passa a ser um novo tipo de fenômeno a ser investigado. E o segundo é o *status* da célula na hierarquia do mundo orgânico.

A teoria celular, sofreu correções, ampliações e desenvolvimento nos séculos XIX e XX. Realizando uma análise histórica e filosófica, Recio (1990) considera que a teoria celular de Schleiden-Schwann, em sua primeira formulação e mudanças subsequentes, é compreendida como um programa de investigação lakatosiana, mais adequadamente do que pela abordagem de Kuhn e Popper (modelos filosóficos apresentados no próximo capítulo).

Carl Friedrich Wilhelm Ludwig (1816-1895), em Leipzig, estudou a fisiologia renal e a respiração. Combateu o vitalismo, insistindo nas explicações de

origem física e química. Inventou o quimógrafo, além das descobertas da lei do “tudo ou nada”, centro vasomotor bulbar, da permeabilidade capilar e do período refratário cardíaco (GONZÁLES, 1998).

Numa histórica reunião feita em Berlim em 1847, Helmholtz, Ludwig, Emil Du Bois-Reymond e Ernst Wilhelm von Brücke, recomendaram que a pesquisa fisiológica se baseasse na física e na química, então em franco desenvolvimento (MENDES, 1994).

Explica Mendes (1994) que ao tempo no qual a doutrina da evolução (numa acepção diferente da atual) se firmava, houve a intenção de comparar as funções nos vários filos visando-se subsidiar achados morfológicos e paleontológicos. Esse não foi o móvel primordial da Fisiologia Comparada e, sim, uma atitude natural em uma época na qual essa evolução, com Darwin e seus fiéis seguidores Huxley e Haeckel, configurava uma revolução científica a que cumpria de alguma forma aderir. Cabia, pois, tentar demonstrar que as funções também tinham evoluído em paralelo com as formas e até se explicariam recorrendo-se a estágios anteriores.

Arnold Adolph Berthold (1849), por sua vez, está ligado às origens da endocrinologia. Este autor desenvolveu um experimento fundamental na descoberta dos hormônios. Ele promoveu a retirada cirúrgica dos testículos de galo e percebeu que esta alterava a morfologia, o comportamento sexual e agonístico nestes animais. A reposição desse material recuperava as características perdidas. Esta conduta indicava, para o autor, a existência de um mecanismo de sinalização independente do sistema nervoso.

Outro fisiologista, pesquisador nas atividades hormonais foi Charles Eduard Brown-Sequard (1817 - 1894), importante por seus trabalhos de aplicação dos princípios da físico-química à patologia. Foi um dos primeiros a pesquisar secreções internas (os hormônios), e descobrir a importância da glândula supra-renal. Foi, também, um dos primeiros a utilizar ratos para experimentos. Sua teoria de reposição hormonal ficou famosa (SAVET, 1964)

Johann Friedrich Miescher (1869) foi o precursor da Bioquímica de ácidos nucléicos. A descoberta do DNA ocorreu em 1869 e foi feita pelo bioquímico alemão Miescher. Ele queria determinar os componentes químicos do núcleo celular e utilizava glóbulos brancos provenientes do pus em sua pesquisa. A escolha desta

célula deveu-se à disponibilidade e tamanho do núcleo. Analisando os núcleos, Miescher descobriu a presença de um composto de natureza ácida que era desconhecido até o momento. Era rico em fósforo e em nitrogênio, desprovido de enxofre e resistente à ação da pepsina (enzima proteolítica). Esse composto, que aparentemente era constituído de moléculas grandes, foi denominado, por Miescher, nucleína (CLAROS, 2003).

Conforme o autor, em 1880, Albrecht Kossel, demonstrou que a nucleína continha bases nitrogenadas em sua estrutura, explicando o fato da nucleína ser rica em nitrogênio. Nove anos depois, Richard Altmann obteve a nucleína com alto grau de pureza, comprovando sua natureza ácida e dando-lhe, então, o nome de ácido nucléico. Em 1882 Walter Flemming descobriu corpos com formato de bastão dentro do núcleo das células, que denominou "cromossomos". Em 1890, foi descoberto em levedura (fermento biológico) outro tipo de ácido nucléico, que possuía uracila ao invés de timina e ribose ao invés da desoxirribose. Dessa maneira, foram caracterizados dois tipos de ácidos nucléicos, de acordo com o glicídio que possuíam: ácido ribonucléico e ácido desoxirribonucléico (CLAROS, 2003).

Por outro lado, Louis Pasteur, numa célebre polêmica com Félix Archimède Pouchet entre 1859 e 1864 procurou colocar um ponto final na ideia da geração espontânea. A partir de um experimento montado com tubos de vidro em forma de pescoço de cisne ele demonstrou a impossibilidade da vida ser gerada a partir de elementos não vivos. Contudo, Pasteur dizia que não tinha eliminado totalmente a possibilidade da geração espontânea. De fato, seu experimento não poderia se aplicar à primeira vida, e a ideia de que a vida podia vir da matéria inorgânica continuou em pauta entre outros grandes cientistas. Entretanto, ela mudou para um contexto tão diferente das visões anteriores, que não podemos rotulá-la da mesma forma. Essa nova forma de "geração espontânea" só seria válida para a primeira vida, daí para a frente seria exigida a reprodução (DAMINELI; DAMINELI, 2007).

Segundo estes autores a partir da segunda metade do século passado, acreditava-se que a vida já teria se iniciado fabricando seu próprio alimento (autotrofismo) como fazem hoje os seres fotossintetizantes. Na fotossíntese, por exemplo, o CO₂ atmosférico é absorvido pela célula, e, sob a ação

da luz e com a utilização de água, gera uma série de compostos orgânicos, em especial açúcares como a glicose. Numa etapa seguinte, eles são usados para gerar energia e fabricar componentes estruturais (corpo). Os animais não geram, mas capturam energia fabricada por outros organismos (heterotrofismo). Mediante a oxidação dos açúcares, percorre-se um caminho inverso ao da fotossíntese, liberando energia e devolvendo CO₂ à atmosfera.

Charles Darwin, por sua vez, imaginava que uma poça de caldo nutritivo, contendo amônia, sais de fósforo, luz, calor e eletricidade, pudesse ter dado origem a proteínas, que se transformaram em compostos mais complexos, até originarem seres vivos. Entretanto, a extensão da evolução para o mundo molecular como o primeiro capítulo da evolução da vida só teve progresso no século seguinte a partir das ideias de Alexander Ivanovich Oparin (DAMINELI; DAMINELI, 2007).

3.5.2 A QUESTÃO DO DESENVOLVIMENTO E DA HERANÇA

Maupertuis (1751), em sua publicação *A Vênus Física*, observou que quanto mais longe o embrião está do nascimento, mais diferente ele é do animal adulto. Assim a preexistência não explicava a herança. Para o autor, o líquido seminal de cada animal é feito de partículas do corpo todo que se misturam quando dois parceiros vão produzir um novo indivíduo. Tal explicação, embora epigenética não é experimental. Já Buffon acreditava que os seres vivos eram constituídos por partículas vivas que estavam atraídas por algo semelhante a atração de Newton, orientadas por um molde interior capaz de dar uma estrutura às partículas. John Needham substituiu o conceito de Buffon pelo conceito de força vegetativa. A ideia comum nessas três explicações é que a matéria é capaz de organizar o ser vivo, sem nenhuma interferência externa. É a base do materialismo francês. A epigênese, no entanto, não podia ser comprovada apenas pela observação.

Já em 1800, em seu livro *Investigação Filosófica sobre a vida e a morte*, Bichat (1866) afirma ser a vida um conjunto de funções que resiste à morte. É um princípio de reação a tudo que procura destruir os corpos vivos e que pode ser

conhecida somente pelos seus fenômenos que realiza contra os corpos exteriores. Assim, segundo Bichat (1866), a vida tem uma finalidade interna com uma relação de contradição e não apenas fenômenos mecânicos. Essa nova ideia era uma ruptura com o universo mecânico, uma vez que, ao se reagir contra o mundo externo, a vida tenta transformar tal mundo.

Conforme Senet (1964), em 1824, Prevost e Dumas assistiram aos primeiros estágios do desenvolvimento de um ovo, ao observarem posturas de rãs. Em 1827, Karl Von Baer demonstrou definitivamente a maturação do folículo de Graef. Além disso, provou que em certo estágio de seu desenvolvimento, o embrião de rã é formado por três massas distintas a que chamamos atualmente ectoplasto, endoblasto e mesoblasto.

De acordo com Radl (1988) os estudos embriológicos de Baer (1792-1876) foram fundamentais para a constituição da embriologia como ciência moderna. Baer trabalhava contra a teoria preformista, e trouxe várias contribuições para a história do desenvolvimento dos mamíferos (chamada de evolução na época). Baer realizou observações que permitiram atacar a teoria de Johann Friedrich Meckel, Étienne Serres e Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, a qual se origina da teoria Kielemeyer que comparava a gradação dos animais com sua evolução embrionária e filogenética.

Para L. F. Kielemeyer os organismos eram dispostos em fila ascendente do simples ao complexo. O desenvolvimento embrionário humano iniciava pela compreensão de que o embrião em princípio vegeta, logo é estimulado e por último desenvolve um órgão sensorial atrás do outro, na mesma ordem que a escala dos seres vivos. E mais, que a origem dos organismos na história da terra também segue as etapas de gradação dos seres vivos. Meckel (1781-1833) interpretou esta teoria no sentido de que os mamíferos e o homem durante seu desenvolvimento embrionário começam do grau mais simples (naquela época eram os pólipos) ascendendo as formas mais elevadas até se constituir toda a hierarquia do reino animal. Cabe ressaltar que Kielemeyer falava da evolução e analogia das forças vitais e Meckel, por outro lado, se referia a evolução e semelhança das formas (RADL, 1988).

Meckel, Geoffroy e Serres descobriram um fato novo, no desenvolvimento embriológico os animais se pareciam uns com os outros, e que se

pareciam mais quanto mais jovens eram. Baer esta de acordo com estes embriólogos em vários aspectos, mas se assumir a interpretação feita por eles de que os animais eram tão somente formas aprisionadas do homem, não há tanta proximidade. Baer em seu livro *História da evolução dos animais* (1828) e em outras obras se opôs a doutrina do paralelismo entre a gradação dos animais e a sua evolução embrionária, no que se pode chamar de formação. Teoria que unia elementos da teoria epigenética de C. F. Wolff com as opiniões morfológicas de Cuvier. Baer propunha que todos os animais se desenvolviam de tal forma que, inicialmente tinham elementos fundamentais de seu tipo, posteriormente se diferenciavam mais e mais; o embrião possui sucessivamente em princípio as propriedades do tipo, até que aparecem sucessivamente as propriedades da classe, ordem, família, de gênero e espécie, até que surgem as características individuais; assim o embrião primeiro é vertebrado, depois ave, ave terrestres, gallinacea, etc. (RADL, 1988).

Em 1839, Schwann (1847), cujas ideias incorporavam os trabalhos de Schleiden, como já apresentado, publicou a obra *Pesquisas Microscópicas sobre a Conformidade na Estrutura e Crescimento entre Plantas e Animais* e colocou a célula como a região principal das atividades metabólicas do organismo, formulando, pois, uma das ideias fundamentais da Biologia, a Teoria Celular. Por sua vez, Gustave Adolphe Thuret, em 1854, viu espermatozóides rodearem um óvulo de alga e um deles penetrar em seu interior deixando a calda para fora. Alguns anos mais tarde, Oscar Hertwrg descobriu a fecundação nos animais (SENET, 1964).

Em 1880, Eduward Strasburger estudando vegetais descobriu o desaparecimento do núcleo, quando uma célula se divide em duas células filhas, deixando pequenas estruturas em forma de bastonetes, facilmente coradas. Por causa dessa propriedade, Heinrich Wilhelm Gottfried von Waldeyer-Hartz, em 1888, lhes atribuiu o nome de cromossomos. Mais tarde ficou constatada a existência desses cromossomos em todas as células e em determinada espécie seu número é sempre fixo (SENET, 1964).

Com a formulação da teoria celular, grande parte da questão da epigênese estava resolvida. A substância amorfa de Aristóteles, a matéria de Maupertuis, Buffon e Needhan, eram as células organizadas. Sabia-se que as

células se multiplicavam e se transformavam, não se sabia, porém, como tais atividades eram controladas. O que era aquilo que atuava sobre a substância e formava seres vivos, a ideia formante de Aristóteles, a possibilidade espiritual de Harvey, a memória da matéria de Maupertuis, o molde interior de Buffon, e força vegetativa de Needham. O que organizava as células de modo a produzir indivíduos semelhantes a seus pais?

Uma das explicações mais aceitas na época era que cópias de todos os componentes do corpo, as gêmulas, eram transportadas através da corrente sanguínea aos órgãos sexuais e reunidas nos gametas. Com a fertilização, estas gêmulas dos sexos opostos se reuniam e todos estes elementos se distribuía, durante o desenvolvimento, nas diferentes partes do corpo para constituir uma mescla dos órgãos e tecidos maternos e paternos. Era a Teoria da Pangênese, bastante aceita entre os evolucionistas por apresentar uma explicação da origem das trocas hereditárias que poderiam resultar em novas espécies. O intenso uso de um órgão alteraria suas gêmulas e ocasionaria uma alteração em seus descendentes. Lamarck se utilizou desse conceito de gêmulas para explicar como o ambiente dirige as transformações adaptativas.

Darwin, também compartilhou destas ideias as quais, de alguma forma, se prestavam a explicação do aparecimento de indivíduos diferentes, portanto, passíveis de sofrerem os efeitos da seleção natural. Mas, nunca ficou claro se o pesquisador considerou esta explicação uma solução suficiente para a resposta à existência da variabilidade natural das populações (CASTAÑEDA, 1995).

Francis Galton, um sobrinho de Darwin, ainda no final do século XIX, viu na teoria da pangênese, apresentada na *Origem das Espécies*, uma forma de explicar a hereditariedade nos seres humanos. Ele tinha o propósito de aplicar os pressupostos da teoria da seleção natural ao ser humano, para desenvolver uma ciência sobre a hereditariedade humana, que possibilitasse, através de instrumentação matemática e biológica, identificar e selecionar os melhores seres humanos. Ele entendia que as características transmitidas eram ligadas aos aspectos físicos (altura, cor do olho, da pele, etc.) e também as habilidades e talentos intelectuais. Fundou assim a “eugênia” ou “bem nascido” (DEL CONT, 2008) que consistia na solução draconiana dos mais aptos vencerem na sociedade humana.

Galton via na seleção natural uma promissora explicação para o fenômeno da diversidade de espécies e na teoria da pangense à transmissão de características dos progenitores a prole.

De acordo com Gutiérrez *et alli* (2002) a compreensão que ele tinha sobre a teoria de Darwin não era acabada, não compreendeu que a seleção natural atua especialmente sobre a variação espontaneamente, sem relação com o melhoramento da espécie. Não compartilhava a interpretação gradualista darwinista e desvaloriza os efeitos ambientais.

Com relação a pangense, realizou um experimento com coelhos para testá-la e analisá-la estatisticamente. Ele identificou a impossibilidade de confirmá-la e a considerou incorreta. Em posição a ela, mas ainda utilizando alguns de seus elementos, procurou desenvolver uma teoria própria sobre a hereditariedade em dois artigos, o primeiro de 1872, "On blood relationship" e o segundo de 1875, intitulado "A theory of heredity" (GUTIÉRREZ *et alli*, 2002; DEL CONT, 2008). Sua teoria da hereditariedade foi publicada em diferentes países, recebendo críticas, mas influenciando importantes grupos de pesquisadores. Gregory Bateson e Wilhelm Ludvig Johannsen chegaram a considerar que Galton se antecipou a Weissmann com relação a distinção do plasma germinativo e o somático, isto será comentado a seguir (GUTIÉRREZ *et alli*, 2002).

O ambiente vitoriano da época favoreceu e estimulou tal pensamento eugênico de Galton que era ainda mais radical do que o darwinismo social de Spencer. Mas como Gutiérrez *et alli* (2002) lembram, houve também críticas, como por exemplo a realizada por Thomas Henry Huxley um dos maiores defensores do darwinismo.

Galton, porém, teve o mérito de ser o precursor da biometria, a qual tem como objetivo de estudo tudo que é possível de ser medido nos seres vivos. De acordo com Del Cont (2008) no final do século XIX, um grupo de cientistas conhecidos como biometristas se organizou para dar continuidade às pretensões eugênicas. Grupo formado por evolucionistas que buscavam identificar regularidades estatísticas que pudessem descrever a ocorrência de variações contínuas em uma dada população, tendo na lei de hereditariedade formulada por Galton uma de suas principais bases. Na última década do século XIX e nas duas primeiras do século XX teve um crescente número de investigações biométricas.

No final do século XIX, Weismann demonstrou a falsidade da teoria da Pangênese, cortando a cauda de ratos por 22 gerações sem nunca eliminar as gêmulas supostamente ligadas à cauda cortada. Era de se esperar que se a Pangênese fosse correta os camundongos sem cauda não teriam as gêmulas correspondentes e seus descendentes também não teriam cauda. Assim, Weismann substituiu a teoria da Pangênese pela teoria do Plasma Germinal. Esta nova ideia propunha que os organismos multicelulares eram constituídos por dois tipos de tecidos: o somatoplasma e o plasma germinal. O primeiro consiste dos tecidos essenciais para o funcionamento do organismo, mas não estão envolvidos com a reprodução sexual, portanto, suas modificações não são hereditárias. O segundo estava envolvido na reprodução e qualquer modificação aí ocorrida é hereditária. A semelhança do plasma germinal em todas as gerações de descendentes é o que explica suas semelhanças biológicas (MARTINS, 2003).

As ideias de Weismann foram desenvolvidas nas últimas quatro décadas do século XIX, mas teve sua publicação no livro *Vortäge über Descendenztheorie* publicada em 1902 (MARTINS, 2006).

A ideia do plasma germinal não pode ser comprovada pela observação. Entretanto, já carregava hipóteses de trabalho ligadas ao conceito de células somáticas e germinativas. A pergunta acerca do que atuava sobre a célula ao longo das gerações, porém, ainda não tinha sido respondida.

Gregor Johann Mendel, em 1865 tornou a questão, de alguma forma, mais aclarada a partir de experimentos controlados fora do laboratório. Ele descobriu que cada característica tinha origem material, a qual denominou fatores, que se apresentavam em dose dupla, eram independentes uns dos outros e a contribuição dos dois sexos era equivalente na produção de uma nova geração. Cada fator da dupla pode dominar o outro (dominante) ou, conseqüentemente, ser dominado por ele (recessivo). Seus resultados, porém, não foram reconhecidos na época em que Mendel os apresentou.

A herança, vista por Aristóteles como uma substância amorfa trabalhada por uma ideia formante, podia ser agora entendida como um conjunto de células trabalhadas (controladas) por fatores. Mas, tal explicação somente viria a acontecer algumas décadas mais tarde quando os fatores identificados por Mendel pudessem assumir um papel concreto dentro da biologia, nas mãos dos

pesquisadores do início do século XX. A partir daí, todo o trabalho subsequente, foi uma tentativa de entender a localização, constituição e funcionamento destes fatores.

3.6 O OLHAR DO CIENTISTA DO FINAL DO SÉCULO XIX

Ao contrário do filósofo que tem consciência da necessidade de uma visão de mundo na constituição de suas reflexões, o cientista conhece as leis da ciência que sustentam as teorias explicativas do mundo sem se preocupar em apresentá-lo numa visão. É a explicação através das leis relacionais que abandonam as questões metafísicas da existência (o que é existir, porque eu existo, etc.). Assim, o cientista busca encontrar explicações que possam ser generalizadas e invariáveis. Tais explicações são os elementos constituintes das teorias e das leis científicas. Estas teorias e leis, reelaboradas pela dedução, apresentam o conceito científico do mundo (da parte deste da qual a ciência conseguiu explicar). No entanto, não é possível, através somente de leis relacionais, produzidas a partir dos dados empíricos trabalhados por dedução, se chegar a uma construção do significado do mundo dentro de sua totalidade. Por isso, o cientista para fazer ciência apenas se atém aos conteúdos que antecedem e permeiam as leis relacionais com as quais pretende trabalhar. Situação semelhante a de um operário que em uma montadora de carros desempenha uma função cuja execução não lhe exige uma compreensão da totalidade do projeto.

Esta visão da ciência, que por Lacey (1998) é denominada de *filosofia do materialismo científico*, é a forma de fazer ciência dos cientistas até hoje (no início do século XXI). O conhecimento armazenado e contido nos textos e bancos de dados é considerado parte do mundo “decifrado” pela Ciência. Parte esta garantida pela sensação que apreende os fenômenos (principalmente através de instrumentos) e trabalhada pelo método (principalmente experimental) e pela estatística (a qual garante a previsibilidade na repetição da ocorrência dos fenômenos explicados). A ideia de conhecimento armazenado faz com que a Ciência não apresente uma visão de mundo, mas uma visão do mundo.

Esta é, possivelmente, a diferença fundamental da filosofia em relação à Ciência. Um único filósofo é capaz de apresentar uma visão completa de mundo observando-o e/ou refletindo sobre ele, organizando suas formulações e argumentando a partir delas. Um cientista é sempre alguém que atua nas teorias e leis relacionais do mundo explicado pela Ciência. Seja diretamente, trabalhando com o método para associar o fenômeno com o(s) conteúdo(s) teórico(s) seja relacionando vários conteúdos teóricos construindo teorias ou leis mais abrangentes. O cientista não consegue, na sua prática, atuar sobre a totalidade dos conhecimentos que organizam o mundo da Ciência.

A Ciência é, pois, um trabalho coletivo. São milhares e milhares de cientistas trabalhando por uma mesma causa: ampliar o conhecimento das generalizações capazes de prever com segurança a ocorrência cada vez maior de fenômenos expressos na natureza, ou seja, aumentar o poder explicativo das suas teorias e leis. Quanto maior for o seu poder de previsão acerca dos fenômenos da natureza, mais eficiente serão as construções produzidas a partir delas para tornar a natureza controlada (e a serviço) do homem, a tecnologia.

Para garantir que todas as contribuições desses milhares de cientistas possam ser associadas entre si como se fossem vistas por um único olhar formado de pequenas partes (o modo científico de olhar o mundo) constitui-se o Método Científico. A forma de executar atividades que a partir de instrumentos e técnicas padroniza a apreensão do fenômeno, tornando-o informação (dados organizados e analisados pela estatística). O resultado dessas análises coloca estas novas informações no contexto das teorias e leis, fortalecendo-as, negando-as ou exigindo novas.

Por outro lado, a garantia de que os resultados obtidos por todas as pequenas partes do “olho científico” eram medidos pelos mesmos parâmetros, é dada pela estatística. Isto quer dizer que um resultado que indica uma capacidade de previsibilidade de 99% indica que tal explicação acerta 99 de cada 100 vezes que o fenômeno se expressava na natureza. Em qualquer lugar, em qualquer tempo, com qualquer pessoa. É a solução, formulada, mais tarde, por Carnap e apresentada no próximo capítulo, para o problema do empirismo. Quanto ao método experimental, Mill (1852) estabeleceu suas bases teóricas e seus possíveis desenhos.

Assim posto, nota-se que a ciência é um olhar sobre a natureza que procura evitar a exigência filosófica da constituição prévia da ideia do mundo a ser olhado, e essa compreensão passou a ser predominante na Biologia no final do século XIX. A proposta da ciência é construir um significado para o mundo a partir das descobertas produzidas pelos cientistas, garantidas pela pretensa objetividade do método. Para os cientistas é o método a chave do problema, pois é ele que garante o sucesso do olhar científico da qual todos os cientistas compartilham. E, dentro deste olhar, cada parte da natureza que contém sua própria especificidade é, aos poucos, desvendada.

Dentro desta perspectiva, o que é qualquer método? É um procedimento padrão que busca atingir um propósito determinado. O procedimento e o propósito precisam emergir do mesmo corpo de conhecimentos e, conseqüentemente, da mesma visão de mundo. O método experimental foi, como já dito, padronizado por Mill (1843).

A natureza vista pela ciência é uma natureza ontologicamente definida. O cientista pode pensar que o seu olhar é absolutamente objetivo no sentido de apreender a realidade exatamente como ela é. Mas, não é assim. A própria realidade é uma construção ontológica. Nos olhares mais gerais, o cientista vê o mundo natural constituído de Espaço, Tempo, Matéria e Movimento. Com todos estes componentes vistos através de leis relacionais descritas pela matemática, a Física se constitui (ROCHA, 2002).

Ao se caminhar para dentro da matéria buscando sua estrutura e propriedades (variações, interações e equilíbrio), constatou-se a Química (ROSMORDUC, 1988).

Tomando o movimento e a estrutura da matéria e buscando sua especificidade nos seres vivos, o cientista percebe que estes, embora contendo em seu interior a Física e a Química, apresentam características próprias da organização da matéria, é a Biologia (RADL, 1988).

Para os primeiros pesquisadores que inauguraram este método de estudar o universo, o conteúdo constitutivo das ciências da natureza se inicia a partir dos fenômenos naturais observados. Ao contrário do pensamento filosófico que partia de um problema e tentava resolvê-lo a partir da argumentação especulativa, o pensamento científico procurava uma solução do entendimento dos fenômenos

através da reprodução do fenômeno em condições possíveis de observação. E, ainda, se utilizava de instrumentos especialmente projetados para compreender os diferentes tipos de fenômenos da natureza. Usando ou não hipóteses, buscando confirmações na estatística, o conhecimento era produzido a partir do fenômeno. O que este novo modo de entender o mundo apresentou de inovador foi o fato desse conhecimento se iniciar na natureza e ser resolvido nela mesma, sem a necessidade de explicações exteriores a ela. Nesta época muitos pensadores acreditaram que era a própria natureza que revelava o mistério a ser desvendado.

3.7 A FILOSOFIA DA CIÊNCIA DO SÉCULO XIX

Durante o século XIX, na Europa, as preocupações sociais dos iluministas estavam sendo substituídas por um tipo de conhecimento prático sobre a natureza, o qual, em algum momento, pudesse ser transformado em tecnologia e gerar muito dinheiro. Eram os tempos da ascensão burguesa na sociedade europeia. Foi, por isso, um período de intensa atividade de pesquisa sobre os fenômenos e processos naturais. Um momento histórico de grandes debates. A busca por esse tipo de conhecimento já abandonava a pura especulação dos filósofos clássicos e seus argumentos e temas metafísicos e sociais para buscar a suposta segurança das garantias dos resultados experimentais. Eram os tempos da busca de respostas sustentadas pela prova empírica.

Estas atividades, em laboratórios ou no campo, os procedimentos experimentais e a produção de explicações sobre questões da natureza as quais pesquisadores procuraram responder, geraram algumas questionamentos. Como se constituiria este novo conhecimento com suas teorias, leis hipóteses e modelos? Como eram seus métodos? Como se caracterizavam os objetos escolhidos para serem estudados? Como eram elaboradas suas linguagens? Que relação a tecnologia produzida por estes novos conhecimentos tinha com a sociedade? Como estes pesquisadores se relacionavam com a sociedade em geral? Eram muitas as perguntas e é possível perceber que se pode dividi-las em três classes de problemas.

A primeira se concentra, principalmente, no processo de construção desse conhecimento; ou seja, como se constituía o planejamento das atividades e os procedimentos técnicos necessários para a execução deste plano; como os resultados obtidos eram transformados em teorias e/ou participavam do desvendamento das supostas leis naturais descobertas por este processo; e, como se definiam as garantias da veracidade das respostas obtidas por experimentação e/ou observação. Esta classe de problemas expressa, principalmente, as preocupações dos empiristas e positivistas. Conforme, será, logo mais, discorrido.

A segunda procura entender as relações entre a produção deste novo conhecimento e as características sociais do momento histórico que a continha. Neste caso, as questões ligadas ao processo de produção do conhecimento estavam ligadas ao processo geral de produção do modo como a economia daquele momento histórico produzia sua riqueza e, conseqüentemente, seus valores sociais (éticos, estéticos, científicos, tecnológicos, etc.). Assim, a questão principal não era o entendimento dos detalhes que envolviam os procedimentos ou as teorias, mas do papel desempenhado pelo produto do trabalho desses pesquisadores na reprodução e ampliação dos valores ideológicos do período. Esta classe de problemas se encontra mais identificada com as preocupações marxistas, discutidas adiante.

A terceira tem sua preocupação voltada para a constituição da relação entre o pensamento, a realidade pensada e o fenômeno a ser pensado. Para esta classe de problemas a questão principal é a constituição do pensamento, da realidade e dos fenômenos estudados pelos pesquisadores deste tempo. Tomando o pensamento como representação, atuando a partir de esquemas lógicos, a questão posta é o entendimento do papel desse pensamento na compreensão do real. Esta última classe a ser discutida é a base do pensamento neokantiano.

3.7.1 A PREOCUPAÇÃO DOS EMPIRISTAS E POSITIVISTAS

Um dos primeiros pensadores a se preocupar com o problema da constituição da ciência e seus desdobramentos foi John Herschel. Este autor procurou encontrar o procedimento adequado para se fazer ciência. Em seu livro “*O Discurso Preliminar Sobre o Estudo da Filosofia Natural*” (1830), ele defende a ideia de que o primeiro passo da interpretação científica vem da descoberta das leis da natureza. O passo seguinte é a incorporação dessas leis em teorias. Estas surgem ou após uma generalização indutiva ou pela criação de hipóteses ousadas, que relacionam leis antes desconexas.

Assim, conforme fala Losee (1979, p.131), "Herschel combinou o ideal de Bacon de uma hierarquia de generalizações científicas com uma ênfase perspectiva sobre o papel da imaginação criadora na construção da hierarquia". Também enfatiza o papel da concordância com as observações como o mais importante critério de aceitabilidade das leis e teorias científicas. Tem ainda importante contribuição na distinção entre o "contexto da descoberta" e o "contexto da justificação", defendendo a ideia de que o procedimento para a formulação de uma teoria nada tem a ver com sua aceitabilidade. Desta forma, um trabalho experimental árduo e meticuloso ou um palpite causal estariam em idêntica situação desde que suas consequências dedutivas sejam confirmadas pela observação.

William Whewell em seu “*Novum Organum Renovatum*” (1858), afirma que o padrão da descoberta científica que se encontra na história da ciência, se apresenta como uma progressão em três tempos: o primeiro era um Prelúdio que consiste de uma coleta e decomposição de fatos e uma explicação das ideias tornando-as conceitos e classificando-as. O segundo é uma época indutiva que ocorre quando os conceitos dos fatos particulares são coligados e se integram, produzindo a formulação de leis que por sua vez, permitem a elaboração de teorias. E o terceiro é a sua seqüela, que consiste na consolidação e extensão da integração conseguida. Assim, as leis e teorias são uma "coligação" onde o investigador "superinduz" um conceito a um conjunto de fatos.

No que diz respeito à indução Whewell acredita que, embora esta fosse o processo da descoberta, científica, não é possível reduzi-la a regras. Por

outro lado Whewell entende que a ideia da causação era condição necessária da própria possibilidade do conhecimento empírico objetivo. O significado de causação está contido em três axiomas:

- nada tem lugar sem uma causa;
- os efeitos são proporcionais às suas causas; e
- a reação é igual e oposta à ação. Resta, porém a experiência especificar o conteúdo desse axioma.

Assim, existem, para Whewell, leis fundamentais da natureza que se apresentam como verdades necessárias derivadas da ideia de causação, sendo esta uma condição necessária, e, portanto, a priori, do conhecimento empírico objetivo (LOSEE, 1979).

O conceito de indução de Whewell é, porém, criticado por John Stuart Mill. No Cap. II do livro III de seu *"Sistema de Lógica Dedutiva e Indutiva"* (1843), Stuart Mill (1979) escreve:

O Dr. Whewell chamou adequadamente de "coligação de fatos" a operação descritiva que permite que uma multidão de observações parciais seja resumida em uma única proposição. Penso, apenas, que se enganou ao estabelecer essa espécie de operação - que de acordo com a significação antiga e reconhecida do termo, não é absolutamente indução - como o tipo de indução em geral, e ao apresentar, no decorrer de sua obra, como princípios de indução, os princípios da simples coligação.

O Dr. Whewell sustenta que a proposição geral que une os fatos particulares e os reduz, por assim dizer, a um só fato não é a simples soma desses fatos, mas algo mais, já que é introduzida uma concepção da mente que não existia nos fatos em si. "Os fatos particulares", diz não são simplesmente reunidos, mas um novo elemento acrescentado a combinação por meio do verdadeiro ato de pensar pelo qual são reunidos. De acordo com o Dr. Whewell, a concepção era algo acrescentado aos fatos.

Ninguém jamais contestou que para raciocinar sobre alguma coisa devemos ter uma concepção dela, ou que, quando incluímos uma grande quantidade de objetos sob uma expressão geral, está implícito na expressão uma concepção de algo comum a esses objetos. Mas daí não se segue de maneira nenhuma que a concepção é necessariamente pré-existente ou constituída pela mente com seus próprios materiais. Se os fatos são corretamente classificados sob a concepção, é porque há nos próprios fatos algo que a própria concepção é uma cópia (STUART MILL, 1979, p.171).

Por outro lado, assim como Whewell, Stuart Mill (1979) discute a lei da causalidade, entendendo-a como uma lei universal, isto é, a lei de que todo conseqüente tem um antecedente invariável. Assim, a causa de um fenômeno é a reunião de suas condições não sendo apenas um antecedente invariável, mas um antecedente invariável incondicionado. A causa é apresentada por dois modos de ação combinada: o mecânico e o físico.

Acreditamos que o estado de todo o universo a qualquer instante é a conseqüência de seu estado no instante anterior, de tal maneira que uma pessoa que conhece os agentes que existem no presente momento, sua colocação no espaço e todas as suas propriedades, em outras palavras, as leis de sua ação, poderia predizer toda a história subsequente do universo, a menos que intervenha alguma nova volição de um poder capaz de controlar o universo (STWART MILL, 1979, p.191).

Uma vez entendida a lei da causalidade, Stuart Mill passa a discutir a questão da observação e da experiência como fonte de conhecimento. Considerando que "o primeiro grau da pesquisa indutiva é a decomposição mental dos fenômenos complexos em seus elementos" (p.196); e "o segundo é a separação atual desses elementos" (STWART MILL, 1979, p.197).

Para Stuart Mill os métodos da pesquisa experimental são quatro: método da concordância, método da diferença, método dos resíduos e método das variações concomitantes. Um quinto método se apresenta da união entre a concordância e a diferença.

Há, portanto, cinco regras básicas para a pesquisa experimental: A primeira regra (método da concordância) tem o seguinte enunciado "se dois ou mais casos do fenômeno objeto da investigação tem apenas uma característica em comum, essa única em que todos os casos concordam é a causa (ou o efeito), do fenômeno" (STWART MILL, 1979, p.200).

A segunda regra, aquela referente ao método da diferença diz:

[...] de um caso em que o fenômeno sob investigação ocorre e um caso em que não ocorre tem todas as circunstâncias em comum menos uma, ocorrendo esta somente no primeiro, a circunstância única em que os dois casos diferem é o efeito, ou a causa, ou uma parte indispensável da causa do fenômeno (STWART MILL, 1979, p. 201).

A terceira regra diz respeito à combinação entre os métodos da concordância e diferença:

[...] se dois ou mais casos em que ocorre o fenômeno tem apenas uma circunstância em comum, enquanto dois ou mais casos em que ele não ocorre não tem nada em comum além da ausência dessa circunstância, essa única circunstância pela qual os dois grupos de casos diferem é o efeito, ou a causa, ou uma parte necessária da causa do fenômeno (STWART MILL, 1979, p. 205).

A quarta regra se refere ao método dos resíduos: "subtraindo de um fenômeno a parte que sabemos, por induções anteriores, ser o efeito de alguns antecedentes, o efeito dos antecedentes restantes é o resíduo do fenômeno" (STWART MILL, 1979, p. 206).

Finalmente a quinta e última regra fala do método das variações concomitantes:

Um fenômeno que varia de uma certa maneira todas as vezes que um outro fenômeno varia da mesma maneira, é ou uma causa, ou um efeito desse fenômeno ou a ele está ligado por algum fato de causalidade. [...] Esses métodos determinam as leis das causas e estas uma vez determinadas participam do segundo passo da operação lógica, que consiste em determinar, segundo a lei das causas, qual o efeito produzido por uma combinação dada dessas causas (STWART MILL, 1979, p. 229).

A relação estabelecida entre causa e efeito é realizada por um procedimento de raciocínio, em que suas premissas são as leis encontradas pela indução. Após a conclusão produzida pela dedução, o terceiro e último passo é a verificação desta através da experiência específica. E, concluindo,

É ao método dedutivo, assim definido em três partes constituintes - a indução, o raciocínio e a verificação, que a mente do homem deve seus mais destacados triunfos na investigação da natureza. Nós lhe devemos todas as teorias que reúnem fenômenos numerosos e complicados sob algumas leis simples que, considerados como leis desses fenômenos, não teriam jamais podido ser descobertas pelo estudo direto (STWART MILL, 1979, p.231).

Stewart Mill e Whewell acreditam que a grande síntese newtoniana era o fruto de um método hipotético dedutivo. Porém, no que diz respeito à justificação, Mill insiste que a justificação das leis científicas é uma questão de

satisfazer o esquema indutivo. O papel da lógica indutiva é fornecer regras para a avaliação dos juízos sobre a conexão causal. Um enunciado sobre uma conexão causal pode ser justificado mostrando que as provas a seu favor conformam-se a um esquema indutivo específico.

O empirismo trata somente de repetições de fenômenos controlados (experimentais) para generalizá-los por indução, construindo assim alguma lei ou teoria onde a previsibilidade da ocorrência de tal fenômeno pressupõe o conhecimento de seus elementos constitutivos e suas leis internas (*Sistema de Lógica Dedutiva e Indutiva*, STWART MILL, 1979). Assim, confirmados pela previsão, os fenômenos podem ser antecipados e mudados. Este possível controle dos fenômenos naturais permite a construção de máquinas e instrumentos capazes de funcionar segundo os conhecimentos científicos. É, pois, a tecnologia.

Por outro lado, em sua obra *A Ciência da Mecânica* (1883), Ernest Mach elabora uma crítica da filosofia de Newton assumindo que as regras newtonianas devem ser vistas como modelos provisórios, sendo, portanto, passíveis de substituição por regras mais satisfatórias. Mach apresentou a ideia de um Princípio de Economia como critério regulador de atividade científica. Assim, o cientista deve procurar uma economia das representações dos fatos através de formulação de relações que resumem um grande número de fatos. A própria ciência deve ser elaborada como um problema de encontrar o mínimo, ou seja, na descrição mais completa possível dos fatos com o mínimo custo do pensamento. A ciência dessa forma age apenas no campo da experiência incompleta, necessitando sempre de uma confirmação ou refutação. O aperfeiçoamento dos meios de observação aumenta a eficiência da comparação da teoria com a experiência (é o empirismo crítico de MACH, 1883).

Na França, pátria de Descartes e dos Iluministas, Augusto Comte procurava escapar das exigências metafísicas dos mecanicistas e dos idealistas, desprezando as questões ontológicas e valorizando apenas os aspectos relacionais da ciência (NASCIMENTO JUNIOR, 1998).

O pensamento positivo de Augusto Comte "renuncia a procurar a origem e o destino do universo, a conhecer as causas íntimas dos fenômenos, para preocupar-se unicamente em descobrir, graças ao uso combinado do raciocínio e da observação, suas leis efetivas" (COMTE, 1978, *Curso de Filosofia Positiva*, p.4).

No seu Curso de Filosofia Positiva, ocorrido de 1830 a 1842, Comte (1978) escreve,

[...] no estado positivo, o espírito humano, reconhecendo a impossibilidade de obter noções absolutas, renuncia a procurar a origem e o destino do universo, a conhecer as causas íntimas dos fenômenos, para preocupar-se unicamente em descobrir, graças ao uso bem combinado do raciocínio e da observação, suas leis efetivas, a saber suas relações invariáveis de sucessão e similitude. A explicação dos fatos, reduzida então a seus termos reais, se resume de agora em diante na ligação estabelecida entre os diversos fenômenos particulares e alguns fatos gerais, cujo número o progresso da ciência tende cada vez mais a diminuir (COMTE, 1978, p. 4).

A natureza, para Comte, é um conjunto de transformações lineares que se inicia na mais simples das estruturas até a mais complexa delas (incluindo aí o homem). Dessa forma, Comte reduz as leis das sociedades às leis da biologia (Catecismo Positivista) e as leis da causalidade a relações de simultaneidade.

As ciências, por sua vez, possuem um corpo de conhecimentos fortemente constituído, uma metodologia que permitirá apreender o mundo natural e uma linguagem que permitirá descrevê-lo. Esta linguagem tentará exprimir os conceitos, as hipóteses, as teorias e as leis descobertas a partir de modelos o mais matemáticos possível, descrevendo os fatos e suas relações da forma mais representativa que se pode ter.

Aliada a esse compromisso com a representação matemática, as ciências naturais se subdividem em inúmeras especializações com a finalidade de se aprofundarem mais e mais.

Comte (1978) apresenta uma classificação hierárquica do conhecimento humano considerando como ciência apenas aqueles que tratam do entendimento dos fatos e da descoberta de suas leis (as ciências experimentais ou positivistas). Assim, escreve na segunda lição do seu *Curso de Filosofia Positiva*, que a filosofia positiva é dividida em cinco ciências fundamentais: a astronomia, a física, a química, a filosofia e a física social. A primeira trabalha com fenômenos mais gerais e mais simples. A última os mais particulares, mais complicados, mais concretos e mais diretamente interessantes para o homem, dependendo, de todos os anteriores. As intermediárias apresentam fenômenos com graus de complexidade crescentes.

Acerca da ciência matemática, Comte (1978, p. 39) explica que "deve, pois, constituir o verdadeiro ponto de partida de toda educação científica racional, seja geral, seja especial, o que explica o uso universal, que se estabelecem desde a muito a esse propósito". Estas são, segundo Comte, as ciências abstratas gerais que procuram descobrir as leis que regem as diversas classes desses fenômenos.

Existem ainda as ciências concretas, particulares, descritivas, às vezes chamadas de ciências naturais propriamente ditas, as quais procuram a aplicação dessas leis à história natural dos diferentes seres existentes. Estas, para Comte, secundárias, são a mineralogia, a botânica e a zoologia.

Em síntese, a ciência positiva é produto das verdades oriundas da construção teórica produzidas pela experiência. Seu procedimento consiste em observar os fatos particulares, generalizando-os por indução atingindo as leis da coexistência e da sucessão, deduzindo dessas leis os fenômenos não observados e conseguindo, com isto, a sua possibilidade racional. As causas primárias e finais como a origem e o destino do universo são impossíveis de se compreender porque o espírito não atinge as noções absolutas.

A preocupação de Comte em tornar a ciência positiva acabou por produzir uma doutrina, o Positivismo. Este substituiu a ideia clássica na qual as leis da razão davam sentido à natureza pela ideia da ciência encontrar o sentido da razão através do entendimento das leis mecânicas da natureza. Assim sendo, o homem (mecanismo) se diferenciaria da formiga (mecanismo) apenas na ordem de grandeza. Por outro lado, a ideia da natureza mecânica construída pelos filósofos materialistas do século XVIII sofre profunda influência da ideia de progresso, noção pouca afeita a esses pensadores em função das leis newtonianas, as quais os corpos físicos apresentam. Tal progresso é dirigido por uma finalidade, uma teleologia que se debruça sobre a transformação das estruturas orgânicas mais simples em mais complexas, trazendo o universo físico ao biológico e tornando todos os organismos em um superorganismo.

Comte (1976), no entanto, vai mais além. No capítulo I do *Discurso sobre o Espírito Positivo*, ele revela na sua teoria dos três estados:

De acordo com essa doutrina fundamental, todas as nossas especulações estão inevitavelmente sujeitas, assim no indivíduo como na espécie, a passar por três estados teóricos diferentes e

sucessivos que podem ser qualificados pelas denominações habituais de teológico, metafísico e positivo, pelo menos para aqueles que tiverem compreendido bem o seu verdadeiro sentido geral. O primeiro estado, embora seja, a princípio a todos os respeitos, indispensável, deve ser concebido sempre, de ora em diante, como puramente provisório ou preparatório, o segundo, que é na realidade, apenas a modificação dissolvente do anterior, não comporta mais do que um simples destino transitório, para conduzir gradualmente ao terceiro, é neste, único plenamente normal, que consiste, em todos os gêneros, o regime definitivo da razão humana (COMTE, 1976, p.5).

Para o materialismo positivista as mesmas divisões de funções encontradas nos organismos encontram-se na sociedade. Portanto, os papéis dos integrantes da sociedade humana são como os tecidos de um organismo, não são escolhidos e nem passíveis de mudanças, mas, sim determinados por uma moral que nasce da fraternidade universal. Tal pensamento acaba por negar o direito da filosofia existir independentemente, declarando que a ciência é, por si mesma, uma filosofia. Por outro lado, na tentativa de superar a metafísica, ele acaba criando sua própria metafísica quando apresenta a substituição de Deus por um princípio único: o superorganismo, é a metafísica positivista, produzida para negar a metafísica na filosofia. Não se pode deixar de reconhecer, porém, que o positivismo é um produto do novo modo de se pensar o mundo, uma tentativa de entendê-lo inteiramente sem a necessidade de princípios além dele mesmo (NASCIMENTO JUNIOR, 1998).

A visão reducionista de Comte usada para entender o mundo como um conjunto de transformações lineares que se inicia na mais simples das estruturas até a mais complexa delas se resume na seguinte descrição: "a humanidade não constituindo, no fundo, senão o principal grau de animalidade, as mais elevadas noções de sociologia, e mesmo de moral encontrar necessariamente na biologia seu primeiro esboço" (p. 177, *Catecismo Positivista* – COMTE, 1852).

Assim, antes da primeira metade do século XIX o empirismo na França avançou sobre o racionalismo, produzindo o pensamento positivista que passou a dominar o pensamento como método e como doutrina. Era a vitória do pensamento burguês sobre as utopias de igualdade dos intelectuais de esquerda e do proletariado.

Segundo Abbagnano (1985), o pensamento dos empiristas ingleses deste período, sobretudo de Mill, estava em sintonia com a justificativa positivista

acerca das ciências, porém, não se identificava com o dogmatismo presente no movimento Francês.

Já em meados do século XIX, a Biologia se prestou à doutrina do Darwinismo social, uma tentativa de redução do social ao biológico efetuada pelo filósofo Spencer, com a teoria do superorganismo. Segundo esta perspectiva, a sociedade funciona como um organismo gigante, no qual, seus elementos constitutivos e funcionais são regidos pelas mesmas leis evolutivas que atuam sobre os organismos não humanos na natureza. Neste caso, a história social se confundiria com a história natural. E, seria da natureza, a palavra final acerca dos projetos humanos. A eugenia, proposta por Galton, bem recebida durante a era vitoriana, era uma posição ainda mais radical que a teoria de Spencer.

3.7.2 O PENSAMENTO MARXISTA

No extremo oposto a Comte, herdeiro da dialética hegeliana, do materialismo alemão e do socialismo francês, o materialismo dialético de Marx e Engels vê a natureza também em movimento, porém, não regida pela ideia, mas, independente e sem propósito original. Quem irá estabelecer um propósito para a natureza é o trabalho humano. A história humana seria, pois, a história das relações do trabalho e seus consequentes desdobramentos na construção de tudo que faz o humano ser humano, suas instituições sociais, seus valores psico-socioculturais. O eixo desta história é a luta de classes (NASCIMENTO JUNIOR, 2000).

Assim sendo, é o trabalho humano o responsável pela construção da consciência, das ideias e dos valores humanos (exatamente o oposto dos sistemas kantiano e hegeliano, onde as ideias estabelecem o propósito das coisas naturais).

O materialismo dialético substitui, pois, a noção de progresso (do positivismo) pela noção de processo e admite que a natureza e o homem vivem num processo de constante fazer-se de tal maneira que, da matéria (natureza) surge o homem que, com seu trabalho, transforma a natureza e a si próprio e nesse processo ele projeta o seu futuro e inventa o pensamento. O problema é que os

conflitos essenciais da organização humana (a luta de classes) ainda não estão superados e é preciso que o façamos para que o homem consiga se transformar na verdadeira história sintetizando o natural e o social. Então, a técnica e a ciência, estarão a serviço do homem e não apenas de grupos (dominantes). A natureza por sua vez deixará de ser mero objeto de consumo e passará a cumprir a finalidade do projeto humano.

Para Hegel e seus seguidores as coisas são reais porque são pensáveis e o modo de entendê-las é, à semelhança de Kant, entender as leis do pensamento. Sendo as leis do pensamento as leis da dialética, a realidade somente pode ser entendida pela dialética imposta pela razão à Natureza e a História, não tendo assim sido deduzidas como resultado de suas observações. O mundo dessa forma deve adaptar-se a um sistema de ideias que, nada mais são do que o produto de determinada fase do desenvolvimento do pensamento humano (NASCIMENTO JUNIOR, 2000).

A posição materialista dialética, por sua vez, conserva o método dialético na análise, porém, retirando seu conteúdo, ou seja, modifica o papel do pensamento na determinação do real procurando demonstrar que tal unidade contraditória pode ser descrita e comprovada empiricamente. A pergunta materialista dialética é: se o pensamento determina a realidade, o que determina o pensamento? A resposta, a própria realidade. Assim Karl Marx e Friedrich Engels na *Ideologia Alemã* (escrita nos anos 1845-1846) explicam:

[...] o modo pelo qual os homens produzem seus meios de vida depende, antes de tudo, da natureza dos meios de vida já encontrados e que tem que reproduzir. Não se deve considerar tal modo de produção de um único ponto de vista, a saber: a reprodução da existência física dos indivíduos. Trata-se, muito mais, de uma determinada forma de atividade dos indivíduos, determinada forma de manifestar sua vida, determinado modo de vida dos mesmos. Tal como os indivíduos manifestam sua vida, assim são eles. O que eles são coincide, portanto, com sua produção, tanto com o que produzem, como o modo como produzem. O que os indivíduos são, portanto, depende das condições materiais de sua produção (MARX; ENGELS, 1977, p. 27-28).

E mais adiante, escrevem:

A produção de ideias, de representações, da consciência, está, de início, diretamente entrelaçada com a atividade material e com o intercâmbio material dos homens, como a linguagem da vida real. O representar, o pensar, o intercâmbio espiritual dos homens, aparecem aqui como emanção direta de seu comportamento material. O mesmo ocorre com a produção espiritual, tal como aparece na linguagem da política, das leis, da moral, da religião, da metafísica, etc. de um povo. Os homens são os produtores de suas representações, de suas ideias, etc. (MARX; ENGELS, 1977, p.36). [...] Totalmente ao contrário do que ocorre na filosofia alemã (de Hegel e seus seguidores), que desce do céu à terra, aqui se ascende da terra ao céu. Ou, em outras palavras: não se parte daquilo que os homens dizem, imaginam ou representam, e tampouco dos homens pensados, imaginados e representados para, a partir daí, chegar aos homens em carne e osso; parte-se dos homens realmente ativos e, a partir do seu processo de vida real, expõe também o desenvolvimento dos reflexos ideológicos e dos ecos desse processo de vida. E mesmo as formações nebulosas no cérebro do homem são sublimações necessárias do seu processo de vida material, empiricamente constatável e ligado a pressupostos materiais. Não é a consciência que determina a vida, mas a vida que determina a consciência. (MARX; ENGELS, 1977, p.37).

No capítulo V do *Capital*, Marx coloca o papel do trabalho na construção da consciência humana. Ele escreve:

Antes de tudo, o trabalho é um processo entre o homem e a Natureza, um processo em que o homem, por sua própria ação, media, regula e controla seu metabolismo com a Natureza. Ele mesmo se defronta com a matéria como uma força natural. Ele põe em movimento as forças naturais pertencentes a sua corporalidade, braços e pernas, cabeça e mão, a fim de apropriar-se da matéria natural numa forma útil para a própria vida. Ao atuar, por meio desse movimento, sobre a Natureza externa a ele e ao modificá-la, ele modifica, ao mesmo tempo sua própria natureza. Ele desenvolve as potências nela adormecidas e sujeita ao jogo de suas forças a seu próprio domínio (MARX, 1980, p. 142).

O modo de produção do homem muda ao correr dos séculos e seu tipo de trabalho vai, da mesma forma, se modificando e, como ele, a sua visão do mundo e o mundo propriamente dito. Existem, pois, duas histórias. Aquela oriunda das transformações da matéria no seio da natureza e a que se expressa a partir das transformações das relações de produção construídas pelo homem. Ambas não são, porém, separadas e sim relacionadas reciprocamente. Assim, a história é entendida como a única ciência completa, porque é a descrição do movimento da matéria. As outras ciências são parte desta totalidade.

Dessa forma, cada uma das ciências particulares descreve o movimento da matéria sobre um determinado ponto de vista. A ciência da história, por sua vez, faz uma síntese das descrições destas ciências expressando a descrição completa do movimento da matéria. Este processo reitera o valor destas ciências conquanto tenham uma perspectiva histórica em seu objeto de estudo.

A análise dialética da história parte assim de premissas empíricas. A primeira premissa é a existência de indivíduos vivos (o primeiro estado é a organização corpórea desses indivíduos e, conseqüentemente, seu comportamento em relação à natureza); a segunda premissa é a diferenciação do homem em relação ao animal é o momento em que este consegue produzir seu meio de vida (condicionado à sua organização corpórea); e a terceira premissa é o modo de produzir. O modo com que os homens produzem seu meio de vida depende do modo de produzir a sua vida.

Escrita por Engels e publicada por Riazanov em 1927, *A Dialética da Natureza*, procura desenvolver conceitos sobre a relação entre a natureza e a história e conclui que o homem é o momento que a natureza (enquanto matéria) atinge a consciência sobre si mesma.

Lançando mão de uma visão evolutiva das transformações do homem, Engels usa como argumento as diferenças entre a mão e o pé. A mão, ao contrário do pé cuja função é semelhante em todos os animais, se desenvolve como ferramenta, permitindo os meios de produção do homem, os quais permitirão modificações quantitativas e qualitativas da natureza. Ocorre assim o desenvolvimento do cérebro e da consciência e, conseqüentemente, a possibilidade de projetos (totalmente contrários à natureza). A partir da atividade prática da natureza, o homem passou a exercer projetos cada vez mais opostos a esta.

Voltando ao capítulo V do *Capital*, Marx (1980) explica que a diferença entre o processo de trabalho humano e o animal é que o primeiro apresenta a ideia do projeto como uma etapa anterior ao trabalho concretizado, ocorrendo assim a ideia de representação. No caso do animal não existe a construção de um projeto e sim uma finalidade interna escrita em sua natureza biológica.

A diferença da história do homem e dos outros animais é que os homens colocam a sua finalidade enquanto que nos animais a história é feita sem

que estes elaborem um projeto próprio de sua história (é, pois, alienada). Assim, os animais não seriam a finalidade de sua própria história. Os homens, por sua vez, quanto mais se distanciarem do reino animal, mais avançam na construção de sua história, tornando-se assim sujeitos que se autodesenvolvem num processo contraditório se determinando nas suas próprias transformações. Assim, a consciência é a forma superior do movimento da matéria.

Entretanto, as forças contrárias ao desenvolvimento da consciência (exploração) são mais poderosas que as favoráveis (cooperação), mesmo nas sociedades mais complexas, por causa da produção submetida ao julgo de influências não controladas (a formação de classes). Assim, a vida humana permanece como algo totalmente diferente dos objetos previstos no projeto inicial.

Engels (1976) na sua *Dialética da Natureza* [1927] faz apontamentos buscando formular uma dialética para a Natureza. Ele escreve,

[...] toda atividade da inteligência: induzir, deduzir, e, portanto, abstrair, analisar estados desconhecidos (o simples ato de quebrar uma noz constitui um começo da análise), sintetizar (as astutas travessuras dos animais) e, como união de ambos, experimentar (ante obstáculos novos e em situações estranhas). Tudo isso temos em comum com os animais. Quanto à sua natureza, todos esses modos de agir (e, conseqüentemente, todos os meios empregados pela investigação científica que reconhece a lógica ordinária), são absolutamente os mesmos, quer nos homens, quer nos animais superiores. Diferem apenas no grau (de desenvolvimento do método em cada caso). Os traços essenciais do método são os mesmos e conduzem aos mesmos resultados, tanto no homem como no animal, uma vez que ambos trabalham ou se movem unicamente por meio desses meios elementares.

Pelo contrário o pensamento dialético (exatamente porque pressupõe a investigação da natureza dos conceitos) só é possível ao homem. A química, cuja maneira predominante de investigar é a análise, nada pode fazer sem o seu pólo oposto, a síntese. Para os pan-industriais: como toda indução do mundo, já havíamos conseguido compreender o processo de indução. Isso só poderia ser levado a cabo por meio de análise desse processo.

Indução e dedução se encontram mutuamente ligadas entre si, tão necessariamente como a síntese e a análise. Em lugar de pretender levar unilateralmente ao céu uma à custa da outra, devemos tratar e aplicar cada uma delas na devida ocasião, e isso só se pode fazer levando em conta sua correspondência recíproca, o fato de se completarem mutuamente. Segundo os indutivistas, a indução seria um método infalível. Tanto não é assim que suas conquistas aparentemente mais seguras são diariamente superadas por novas descobertas. Os corpúsculos luminosos e o calórico eram resultados obtidos por meio de indução. Onde estão eles? A indução nos

ensinava que todos os vertebrados têm um sistema nervoso central, diferenciado em cérebro e medula espinhal, que esta encerrada em vértebras cartilaginosas ou ósseas donde deriva inclusive seu nome. Logo depois se descobriu o *Anfioscus*, vertebrado que possui um cordão nervoso central, indiferenciado e sem vértebra. A indução estabeleceu que os peixes são vertebrados que, durante toda sua vida, respiram exclusivamente pelas guelras. Descobriram-se entretanto animais cujo caráter de peixe é quase universalmente reconhecido, mas que, além de guelras, possuem pulmões bem desenvolvidos, e ainda mais, cada peixe possui um pulmão em estado potencial: a bexiga natatória. Somente por meio de uma audaz aplicação da teoria da evolução, foi que Haeckel pode salvar os indutivistas.

Se a indução fosse na verdade tão infalível, como se poderiam explicar as rápidas e sucessivas revoluções no que diz respeito a classificação no terreno do mundo orgânico? São elas o produto mais característico das teorias da indução, as quais se aniquilam entre si.

A teoria cinética deve comprovar a razão pela qual moléculas que tendem para cima, podem exercer simultaneamente uma pressão para baixo (supondo-se a atmosfera como mais ou menos permanente em relação ao espaço interestelar), como apesar da gravidade, podem afastar-se do centro da terra, mas, no entanto, a certa distância (mesmo quando a força da gravidade diminui de acordo com o quadrado da distância) são obrigadas por essa força a permanecer em repouso ou a voltar.

A dialética não reconhece linhas duras e fixas, ("isto ou aquilo"), imprescindíveis e universalmente válidas, ela ultrapassa as rígidas diferenças metafísicas e ao lado de "isto ou aquilo" reconhece igualmente, em seu justo lugar, o "tanto isto como aquilo" e, conciliando os opostos, é o único método de pensamento adequado ao máximo grau, na etapa atual. Para o uso diário, para o comércio científico à varejo, a categoria metafísica mantém a sua validade.

A dialética, a chamada dialética objetiva, impera em toda a Natureza, e a dialética chamada subjetiva (o pensamento dialético) são unicamente o reflexo do movimento através de contradições que aparecem em todas as partes da natureza e que (num contínuo conflito entre os opostos e sua fusão final, formas superiores), condiciona a vida da natureza. Atração e repulsão. A polaridade começa no magnetismo manifestando-se em um mesmo corpo, sob a forma de eletricidade se distribui entre dois ou mais corpos que se tornam opostamente carregados. Todos os processos químicos se reduzem a manifestações de atração e repulsão químicas. Finalmente, no mundo orgânico, a formação do núcleo da célula deve ser considerada também como uma forma de polarização da substância proteínica viva, e a teoria da evolução demonstra, tendo por base a simples célula, como cada progresso no sentido de uma planta mais complexa, por um lado, e no sentido do homem por outro, obedece a um conflito entre herança e meio (ENGELS, 1976, p. 159-162).

No *Anti-Duhring* (escrito em 1878), Engels esclarece o papel da dialética e sua relação com a lógica, explicando que a contradição não pode ser encontrada nas coisas em repouso e sem vida

[...] cada uma por si, uma ao lado da outra e uma depois da outra, decerto não esbarraremos com nenhuma contradição nelas. Encontrar-lhe-emos, sim determinadas propriedades em parte comuns, em parte diferentes, e até contraditórias uma a outra, mas que neste caso se encontram repartidas por coisas distintas e não contém, portanto em si mesmas contradições. Nos limites deste domínio de observação, contentando-nos com o molde de pensar corrente, o modo metafísico. Mas o caso muda por completo de figura se considerarmos as coisas no seu movimento, na sua mutação, na sua vida, na sua ação recíproca de uma sobre a outra. Então caímos imediatamente em contradições. O próprio movimento é uma contradição. A simples mudança mecânica de lugar só pode se realizar porque num único e mesmo momento um corpo está num e noutro lugar num único e mesmo lugar e não em si. E é na maneira como esta contradição tem que se colocar constantemente e ao mesmo tempo de se resolver que reside o movimento. (p. 225-226).

[...] Se a mera mudança mecânica de lugar contém já em si mesma uma contradição, com mais forte razão às formas superiores de movimento da matéria e muito especialmente a vida orgânica e seu desenvolvimento a contém. Vimos atrás que a vida consiste em primeiro lugar precisamente em um ser, e em cada instante o mesmo e apesar disso um outro. Logo, a vida é igualmente uma contradição presente nas coisas e nos próprios fenômenos que surge e se resolve constantemente. E desde que a contradição cesse, a vida cessa também, dá-se a morte. Vimos do mesmo modo que tampouco no domínio do pensamento podemos fugir às contradições e que, por exemplo, a contradição entre a faculdade humana de conhecer, intimamente infinita, e a sua existência real em homens limitados exteriormente e cujo conhecimento também é limitado se resolve na série das gerações - série que para nós tem praticamente fim, pelo menos no progresso infinito. (ENGELS, 1976, p.227).

Os argumentos de Engels sintetizam, em grande parte, a teoria do método dialético, apesar da *Dialética da Natureza* ser uma obra constituída de anotações e muitas vezes, rascunhos. Seus exemplos são meticulosamente elaborados com a intenção de demonstrar a necessidade de um estudo dialético da natureza. Mas há erros. Erros de informação, produtos da época. E os erros de Engels instigam sua superação. Quem assim fala é Haldane, geneticista renomado, tradutor e admirador do pensamento dialético. Haldane, biólogo geneticista e matemático, aponta vários erros no trabalho e diz que Engel seria o primeiro a reconhecê-los e corrigi-los e diz ainda que o mais importante não são os erros e

acertos da obra mas o modo de pensá-los (PREFÁCIO DA DIALÉTICA DA NATUREZA).

3.7.3 Os NEOKANTIANOS

Após 1870 há um retorno a Kant numa tentativa de superação do pensamento positivista apresentado como uma teoria crítica da ciência. O movimento, denominado neokantiano busca uma superação de Kant, negando a metafísica (coisa em si) e reduzindo a filosofia a uma reflexão sobre a ciência. Assim sendo, são idealistas no sentido epistemológico, pois, para eles o conhecimento científico consiste numa criação do objeto e não sua simples apreensão (BOCHENSKI, 1962).

Outro importante aspecto do neokantianismo também apresentado por Bochenski (1962) é que esse pensamento desvincula a validade do conhecimento do modo como é obtido ou conservado psicologicamente. Assim sendo, o método psicológico ou qualquer método empírico deve ser substituído pelo método transcendental.

Por outro lado, como discute Ziller (1987), o interesse dos neokantianos se dirige aos aspectos formais do conhecimento, ao contrário do positivismo e do empirismo que se interessam pela matéria desse conhecimento e não pela sua forma. Destacam-se nessa linha de interpretação duas grandes escolas, a de Marburg e a de Baden, ambas na Alemanha.

A escola de Marburg desloca a discussão dos temas metafísicos das causas e do ser enquanto ser para a construção de que a ciência moderna é um fato e analisa seus métodos. Para esta escola a realidade é constituída unicamente pelo pensamento e toda a filosofia se reduz à lógica. Esta tentativa de se elaborar uma lógica total acaba por favorecer o aparecimento do neo-positivismo. Alguns de seus principais representantes são Herman Cohen, Paul Natorp e Ernerst Casserer (NASCIMENTO JÚNIOR, 2001).

A escola de Baden considera o ponto central da sua questão a ciência crítica dos valores. Sua principal preocupação não é a ciência formal, mas

sim as diferentes formas nas quais se manifesta a realidade, vendo o conhecimento como a construção dessa realidade. A escola de Baden admite uma diferença estrutural entre as ciências da natureza e do espírito. No âmbito das ciências naturais a realidade pensada é perceptível, desenvolvendo assim leis gerais para tal percepção. As leis do espírito, por sua vez, descrevem acontecimentos singulares e, por não desenvolverem leis gerais, necessitam de uma hierarquia de valores. Seus principais representantes são Guilherme Windelband, Henrique Rickert e John Macquarrie (NASCIMENTO JÚNIOR, 2001).

Outros autores se aproximam do pensamento neokantiano. Um deles é Naville, que em sua “*Nova Classificação das Ciências*” (publicada em 1901 e discutida por KEDROV, 1976) afirma que o pensamento busca um equilíbrio constante e um comportamento adequado ao que se supõe verdadeiro na relação com eles. Desta forma o objeto da ciência não se constitui de fenômenos do mundo real, mas das perguntas que emergem no estudo desse mundo real. Neste caso há uma aproximação com a concepção neokantiana.

Henri Poincaré segue um caminho semelhante ao publicar em 1905, “*O Valor da Ciência*” (também discutido por KEDROV, 1976). Ao analisar alguns problemas filosóficos ligados à matemática, a mecânica e a física e sua relação entre si, o autor considera que as leis da natureza são símbolos, signos convencionais criados pelo homem já que a realidade objetiva da natureza não se encontra fora do homem. Assim, para Poincaré, as coisas são grupos de sensações e a ciência é um sistema de relações. Pearson, Carpeter, Flint, Wundt, Oswald e Ratzel são outros pensadores que se aproximam do idealismo em trilhas parecidas (KEDROV, 1976).

3.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Durante o século XIX, o conhecimento científico avançou, pois, de forma extraordinária, para, supostamente, na visão dos cientistas, desvendar os fenômenos e processos ligados as diversas manifestações da vida. E, este avanço ocorreu em duas principais frentes: nas observações de campo e nas

experimentações em laboratório. Inicialmente, tais atividades eram desenvolvidas a partir de iniciativas individuais (salvo exceções). Não eram subsidiadas por programas estatais de pesquisa como mais tarde se sucedeu.

Por outro lado, a atividade experimental respondeu muitas questões ligadas à constituição, funcionamento, desenvolvimento e transmissão hereditária dos organismos (humano, animal e vegetal) e isto se prestava, principalmente, à uma melhor construção da imagem do organismo humano para a medicina.

Quanto às observações de campo, suas respostas forneceram subsídios para uma construção do significado de natureza que pudesse (à maneira da Escolástica e do mecanicismo dos séculos anteriores) dar um sentido consistente à realidade européia daquele período. Neste caso as questões mais relevantes diziam respeito à origem e a relação dos seres vivos entre si, e, particularmente, ao se considerar o homem (europeu e não europeu).

No entanto, esta ciência seria configurada como autônoma após a teoria da geração espontânea cair. Isto porque, enquanto perdurasse a ideia de que os seres vivos eram gerados espontaneamente, a partir de elementos não vivos, as regras de entendimento dos mundos (vivo e não vivo) deveriam ser as mesmas (CASTAÑEDA, 1995). A impossibilidade de haver geração espontânea passou a sustentar a ideia de que as regras de um não eram as do outro. Justificava-se, então, uma ciência para a Física, outra para a Biologia.

Assim, este século foi o protagonista da construção da ciência chamada Biologia, cujos elementos estruturadores foram: a teoria celular, a teoria do equilíbrio interno, as leis da herança e a teoria da seleção natural e origem das espécies. Produziu ainda o embrião da teoria dos ecossistemas a qual seria inteiramente elaborada no século seguinte.

A ideia de natureza construída ao longo da história pela Filosofia foi, como já mencionado, um dos principais fatores a participar da criação da ciência moderna. Nesta natureza mecânica, matematizada, empírica, histórica e probabilística, que os métodos se inseriram, procurando chegar às leis e elaborar as teorias que explicavam os fenômenos naturais. O olhar do cientista enxergava esta natureza. E os elementos constitutivos desta, e não de qualquer outra, que expressam sua existência, a filosofia os chamou de ontológicos. Sem eles não é possível pensar a ciência.

Por outro lado, a proposta da Ciência é construir uma explicação para o mundo vindo das pesquisas produzidas pelos cientistas a partir da aplicação dos métodos, da formulação de teorias, leis e da linguagem estabelecidas pela comunidade científica. O papel da comunidade, da sociedade e da linguagem científica é estabelecido como expressão do período histórico em que elas existem.

Ao longo do século XIX a filosofia da natureza se fragmentou em várias ciências específicas com núcleos de teorias e leis que atribuem a singularidade de cada ciência tornando-a cada uma particular, e, constituindo seus elementos estruturantes, garantidos pela comunidade científica, apresentando uma linguagem própria e um conjunto de sociedades de cientistas que garante a divulgação de sua produção.

Foi por esta época que a Biologia é inaugurada. Nos laboratórios experimentais das faculdades de medicina se encontra um dos grandes redutos desta nova ciência que expressa a incumbência de fornecer subsídios à prática médica numa mistura, quase poética, de melhorias da vida humana e enriquecimento.

Fora do âmbito médico, a nova ciência já se mostrava vitoriosa no combate às últimas tentativas de explicação da velha escolástica. Mas, também, oferecia seus préstimos às doutrinas do determinismo biológico da superioridade racial (européia), em relação aos outros povos do mundo.

Atenta às condições socio-históricas da época, a Filosofia, de tradição reflexiva e especulativa, procurou estudar a Ciência Moderna, que trazia reminiscências suas e, ao mesmo tempo, se constituía de coisas novas, num contexto de novos valores. Assim, o método experimental foi analisado, bem como a estrutura teórica da ciência, procurando-se revelar a sua estrutura interna constitutiva. Esta preocupação respondeu às necessidades colocadas pelas próprias instituições que faziam a ciência da época. E, conseqüentemente, pelos interesses econômicos nos quais ela se inseria. É o pensamento positivista que procurou, em última instância, trazer a vitória da ciência (e da burguesia) sobre o mundo.

Outra preocupação vinda da filosofia foi o pensamento marxista, o estudo cuidadoso dos elementos que constituem as forças sociais que sustentam a nova ciência. E a demonstração de como esta reflete seus interesses e valores.

Um segmento menos comprometido com as classes dominantes se concentrou no estudo dos processos lógicos na constituição do pensamento. Era o pensamento neokantiano. Uma espécie de livre pensamento que, supostamente, paira sobre a sociedade.

3.9 REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, N. **História da Filosofia**. 10º vol. Lisboa: Editorial Presença, 1985.

ACOT, P. **História da Ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

ALMAÇA, C. Reino Animal. **Episteme**, Porto Alegre, n.15, p. 97-106, ago./dez. 2002.

ANGELINI, R. Ecossistemas E Modelagem Ecológica, p.1-16. In Pompêo, M. L. M. (Ed.). **Perspectivas na Limnologia do Brasil**. São Luís: Gráfica e Editora União, 198 pg., 1999.

BERNARD, C. **Introduction à l'étude de la médecine expérimentale**. (1865). Paris: Éditions Garnier-Flammarion, 318 pp. 1966.

BERTHOLD, A. A. Transplantation der Hoden. **Arch. Anat. Physiol. Wiss. Med.**v.16, p. 42-6, 1849.

BICHAT, M.F.X. **La Vie et la Mort**. 9ª Ed. Paris: Charpentier, Librairie-Éditeur, 1866.

BOCHENSKI, I. M. **A filosofia contemporânea ocidental**. São Paulo: Herdes, 1962.

CANDOLLE, A. de. **Géographie Botanique Raisonnée**. Paris, Librairie de Victor Masson, 1855.

CANGUILHEM, G. **Ideologia e racionalidade nas ciências da vida**. Lisboa: Edições 70, 1977.

CASTAÑEDA, L. A. As ideias de Herança de Darwin: suas explicações e sua importância. **Revista da SBHC**, n.11, p.67-73, 1994.

CASTAÑEDA, L. A. História Natural e Herança no Século XVIII: Buffon e Bonnet. **História, Ciências e Saúde- Manguinhos**, v. 2, n.2, Jul-Out, p. 33-50, 1995.

CLAROS, G. Aproximación histórica a la biología molecular a través de sus protagonistas, los conceptos y la terminología fundamental. **Panace@**, v.4, n.12, p.168-189, jun. 2003.

COLLINGWOOD, R.G. **Ciência e filosofia**. A ideia da natureza. Lisboa: Editorial Presença, 1986.

COMTE, A. Catecismo Positivista (1852) In: **Os Pensadores**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1978.

COMTE, A. **Curso de Filosofia Positiva (1830/1842)**. In: Os Pensadores. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1978.

COMTE, A. **Discurso sobre o Espírito Positivo** (1844). Porto Alegre: Globo, São Paulo, Editora da USP, 1976.

CUVIER, B. **The animal kingdom**. New York: G. & D. &H. Carvil, 1833.

DAMINELI, A.; DAMINELI, D. S. C.; Origens da vida. **Estudos Avançados**. vol. 21 no.59 São Paulo Jan./Apr. 2007.

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. Rio de Janeiro. Hemus Editora, 1987.

DARWIN, C. **The Origin of Species by means of Natural Selection**. 6° Ed. E-book, Project Gutenberg, 1999.

DEL CONT, V. Francis Galton: eugenia e hereditariedade. **Scientiae studia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 201-18, 2008.

EIBESFELDT, I.E. **Etologia**. Introduccion al estudio comparado Del comportamiento. Barcelona: Ediciones Omega, 1974.

ENGELS, F. **Anti-Duhring** (escrito em 1878). Lisboa: Minerva, 1975.

ENGELS, F. **A dialética da natureza (1927)**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1976.

FERREIRA, M. A. A teleologia na biologia contemporânea. **Scientiae Studia**, v. 1,n.2, p. 183-193, 2003.

FOHLEN, C. **América Anglo-Saxônica, de 1815 à atualidade**. São Paulo: Pioneira Editora/Editora da Universidade de São Paulo,1981.

FORMEMRS, B.S. Sir Bernard Katz. **Biographical memoirs Fellows of The Royal Society**. 20 April 2003

FREZZATTI JUNIOR, W. A. Haeckel e Nietzsche: aspectos da crítica ao mecanicismo no século XIX. **Scientiae Studia**, v. 1, n. 4, p.435-461, 2003.

GARRET, J. Esquisso Histórico da Farmacologia em Portugal. ANAIS DA XIX REUNIÃO DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE FARMACOLOGIA, Coimbra, 1988.

GONZÁLES, M. A. S. **Historia, teoria y método de La medicina**: introducción al pensamiento médico. Barcelona: Masson S.A. 1998.

GUTIÉRREZ, R.R.; SUARÉZ, L.; GUAZO, L. Eugenia, herancia, selección y biometría en la obra de Francis Galton. **ILUIL**, v.25, p. 85- 107, 2002.

HADDAD JÚNIOR, H. História da Fisiologia. p. 1- 30. In MELLO-AIRES, M. (Org.) **Fisiologia**. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogam 2007.

HEGEL, G. W. F. **A fenomenologia del espíritu**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1986.

HEGEL, G. W. F. **Enciclopédia das ciências filosóficas em Epítome**. Lisboa: Edições 70, 1988.

HERSCHEL, J. **A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy**. London: Longman, Rees, Orme Brown & Green and John Taylor, 1830.

HORTA, M. R. A primeira teoria evolucionista de Wallace. **Scientiae Studia**, v. 1, n. 4, p. 519-530, 2003a.

HORTA, M. R. O impacto do manuscrito de Wallace de 1858. **Scientiae Studia**, V.1, n.2, p. 217-229, 2003b.

HOWARD, J. C. Why didn't Darwin discover Mendel's laws? **Journal Of Biology**, 2009, v.8, art.15, p.1-8.

HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem**. 2ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1964.

HUMBOLDT, A. **Equinotial regions of the new continent** – during the years 1799-1804. V.6, parte 1. London: Printed for Longman, Rees, Orme, Brown and Green Paternoster Row, 1826.

KEDROV, B. M. **Classificacion de las ciencias**, 2 vol. Moscou: Editorial Progreso, 1976.

LAMARCK, J. B. **Zoological Philosophy**. An exposition with regard to the natural history of animals. [1809,]. London : Macmillan and Co., Limited,. 1914.

LOSEE, J. **Introdução Histórica à Filosofia da Ciência**, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

LYELL, C. **Principles of geology. VI e VII**. Philadelphia: John I. Kay & CO, 1837.

MACCALLUM, W. G. **Biographical Memoir Of Harvey Cushing 1869-1939**. Biographical memoirsvolume XXII—Third Memoir Presented To The Academy At The Autumn Meeting, National Academy Of Sciences Of The United States Of America, 1940.

MACH, E. **The Science of Mechanics (1883)**. La Salle: Open Court Publishiny Co, 1960.

MAGENDIE, F. **Elementary Compendium of Phisiology**: For The Use of Students. Philadelphia: Published by James Webster, 1824.

MAGENDIE, F. **Formulary for the preparation and employment of several new remedies, namely, resin of nux vômica, strychnine, emedine, iodine, piperine, chorurets of lime and soda, salts of gold, and platina, phosphorus, digitaline, etc,etc**. London: Printed for T> and G. Underwood, 1828.

MALTHUS, T. **Essai sur le principe de population**. 2 ed. Paris: Guillaumin ET C. Libraries, 1852.

MAPERTUIS, P. L. M. **Venus Physique**. 6 ed. Paris, 1751

MARÍAS, J.; ENTRALGO, P. L. **Historia de la filosofía y de la ciencia**. Ediciones Guadarrama, 1964

MARTINS, A. C. P. O papel da geração espontânea na teoria da progressão dos animais de J. B. Lamarck. **Revista da SBHC**, n.11, p. 57- 67, 1994.

MARTINS, L. A. C. P. **A teoria cromossômica da herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação.** Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular). 1997. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia, Campinas, 1997.

MARTINS, L. A. C. P. August Weismann e Evolução: Os Diferentes Níveis De Seleção. **REVISTA DA SBHC**, n.1, 2003, p. 53-75.

MARTINS, L. A. C. P. August Weismann E Evolução: Os Diferentes Níveis De Seleção. **REVISTA DA SBHC**, Nº I, p.53-75, 2003

MARX, K.; ENGEL, F. **Ideologia Alemã (1845-1846)**: São Paulo: Grijalbo, 1977.

MARX, K. **O capital**. v. 1. São Paulo: Abril Cultural, 1980, p. 81-257.

MATAGNE P., Aux origines de l'écologie, **INNOVATIONS**, nº 18, p.27-42, 2003

.

MAUPERTUIS, P. M. de. CAR T A XIV. Sobre a geração dos animais. **Scientiæ studia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 129-34, 2003.

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

MENDEL, G. **EXPERIMENTS IN PLANT HYBRIDIZATION (1865)**. 1996. Trad. por Electronic Scholarly Published. Disponível em: <<http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/gm-65.pdf>>. Acesso em: 29/03/2010.

MENDELSON, E. The biological sciences in the nineteenth century: some problems and sources. **History of Science**, 3, 1964, p. 39-59.

MENDES, E. G. Fisiologia: crises? **Estud.Av**. vol.8, n.20, São Paulo Jan/Abr. 1994.

MÜLLER, J. **Elements of Physiology**. Philadelphia, Lea and Blanchard, 1843.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos da construção histórica do pensamento neo-empirista. **Revista Ciência e Educação**, vol. 5. Bauru: Unesp, 1998, p. 37-54.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos do Pensamento Idealista na História da Construção das Ciências da Natureza. **Revista Ciência e Educação**, v. 7, nº 2, p. 265-285, 2001.

NASCIMENTO JUNIOR, A. F. Fragmentos da Presença do Pensamento Dialético na História da Construção das Ciências da Natureza. **Revista Ciência e Educação**, v.6, nº 2, p.119-139, 2000.

OLIVEIRA, A. B. **A Evolução da Medicina até o Início do Século XX**. São Paulo, Pioneira, Secretaria do Estado da Cultura, 1981.

PAPÁVERO, N.; TEIXEIRA, D. Os Viajantes e a Biogeografia, **História, Ciências e Saúde- Manguinhos**, v.8 (suplemento), 2001, p.1015-37.

PETER, J. (Ed.). **Classic Paper in Genetics**. New Jersey: Prentice-Hall, 1968.

PIÑERO, D. La tradición de los hibridólogos en los ciclos XVIII y XIX- La teoría celular y su influencia en el nacimiento de la biología. IN: BARAHONA, A.; SUAREZ, E.; MARTINEZ, S. (org.) **Historia y Filosofía de la Biología**. 3 ed. México: UNAM, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, 2004.

PUIG, W. R.; RAMOS, E. R. P.; MARTÍNEZ, L. M. G. Evolución histórica de la Morfología. **Educ. Med. Super.** v.19, n., Ciudad de la Habana, jan/mar. 2005. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412005000100008&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 02/06/2010.

RADL, E. M. **Historias de las teorías biológicas**. 2. Desde Lamarck y Cuvier. Madrid: Alianza Universidad, 1988.

RECIO, J. L. G. Elementos dinámicos de la teoría celular. **Revista de Filosofía**. 3.º época, vol. III núm. 4. Editorial complutense. Madrid, p. 83-109, 1990.

SCHILLER, J. Physiology's struggle for independence in the first half of the nineteenth century. **History of Science**, 7, 1968, p. 64-89.

SCHWANN, T. **Microscopical researches into the accordance in the structure in growth of animals and plants**. London: Sydeham Society, 1847.

SENET, A. **O Homem descobre Seu Corpo**. Belo Horizonte, Itatiaia, 1964.

SPRINGER, K. S. ; VITTE, A. C. . A ciência humboldtiana e a gênese da geografia física moderna: entre a mensuração e a sensibilidade. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2009, Viçosa. **Anais do XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**. Viçosa: Cópias e Cópias, p. 1-15, 2009.

STWART MILL, J. **Sistema de Lógica Dedutivo Intuitivo (1843)**. In: Os Pensadores. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1979.

TEULÓN, A.A. La teoría celular, paradigma de la biología de lo siglo XIX. **Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam**. Vol. 2, p. 241-262, 1982.

VERNADSKY, V. I. **La Biosfera** (1929). Madrid: Fundación Argenteria – Visor Dis, 1997.

WALLACE, A.R. **The geographical distribution of animals**. New York: Harper & Brothers, 1876.

WHEWELL, W. **Novum Organum Renovatum**. London: John W. Parker & Son, 1958.

ZILLER, V. **Filosofia do século XX**. Caxias do Sul: EDUSC, 1987.

ZUBEN, C. J. V. História da Ecologia: o trabalho pioneiro de Eugene Warming no Brasil e na Europa. **Revista de Biociências**, Taubaté, v. 11, n.3-4, p.160-163, jul./dez. 2005.

4. CAPÍTULO IV – O SÉCULO XX: AS ÁREAS ESTRUTURANTES DA BIOLOGIA

Ao longo do século XIX as condições sociais, técnicas e culturais conjunturaram-se favoráveis para a biologia, recente como ciência (a partir da teoria da evolução, teoria celular e teoria do equilíbrio interno), que se desenvolveu rapidamente em diversos ramos especializados. A preocupação biológica do século XIX se constituía num tripé de elementos: a forma, as funções e as transformações dos seres vivos; suas investigações e técnicas sustentaram as bases para grande parte da biologia moderna. Tal é o caso da biologia celular e da teoria evolutiva, que não podem ser compreendidas somente como extrapolações de suas antecedentes do século XIX, mas que encontram nelas a origem de suas discussões e metodologias (SUAREZ; BARAHONA, 1992).

Neste sentido, o objetivo do presente capítulo é apresentar um cenário, palco de questões que permitiram ou consolidaram algumas novas áreas que caracterizam a Biologia no século XX. Certo que nem todas as questões são consideradas, mas buscou-se delinear aquelas que são identificadas como estruturantes do conhecimento biológico.

4.1 O CONTEXTO HISTÓRICO

O século XX começa em paz. A Europa reluz no brilho da *Belle Époque* e a ciência protagoniza uma esperança de melhores dias. A burguesia de todo o mundo esta colhendo os dividendos de suas conquistas e a ciência é vista como o meio de se atingir o bem estar. As lutas sociais do século anterior parecem ter passado e tudo vai bem.

Era, de fato, um período favorável para a burguesia, mas, logo veio a guerra, e a ciência, como nas outras épocas, se prestou intensamente aos avanços tecnológicos da destruição a serviço do motivo de todas as guerras, os interesses econômicos. As contradições sociais, as responsáveis pela história do mundo, continuavam presentes e a ciência continuava atrelada ao capital para

geração de tecnologia e consequentes riquezas. Desde o início da revolução científica, a ciência e a tecnologia caminham juntas na história.

A ideologia da ciência como a construtora de uma sociedade moderna, no entanto, não mudou com a guerra. Esta não perdeu a perspectiva de se tornar a viabilizadora de uma sociedade mais justa e equilibrada, com chances iguais para todos e competições honestas para ascensão social. Esta expectativa perdurou até a guerra fria. Neste período (a partir de 1949), a biologia se integrou aos projetos armamentistas das grandes potências. Seu desenvolvimento acelerado culminou nos eventos que levaram a inauguração da biologia molecular (ALMEIDA, 2006).

A revolução da Biologia Molecular pode ser tomada como um marco divisor na construção do conhecimento biológico deste século. Dessa forma é possível distinguir dois momentos separados pelo conjunto de técnicas que caracterizou este ramo no início da década de 1970. As demais áreas da biologia experimental passaram a sofrer influências da Biologia Molecular a ponto de reorientarem grande parte de suas próprias técnicas e objetos de investigação. Portanto, os primeiros setenta anos do século XX se diferenciaram sobremaneira dos últimos do mesmo século.

4.2 A BIOLOGIA, DO INÍCIO DO SÉCULO AO FINAL DA DÉCADA DE 1960

Em suas primeiras sete décadas são apreciadas: a Fisiologia vinda do século XIX avançando no século XX, principalmente, pelo desenvolvimento técnico e tecnológico e possibilitando o surgimento de novos ramos; o surgimento da Bioquímica que passa a se centrar nos mecanismos moleculares dos processos químicos da vida, tendo como marco o estudo das enzimas; a Biologia Celular, que a partir da segunda metade do século, se utilizando de aprimoramentos técnicos e tecnológicos de diferentes áreas, enfatizando-se o microscópio eletrônico, avança no estudo da estrutura celular, inicialmente descritiva, mas atualmente diversa e relacionada a diferentes investigações dentro da biologia moderna; a Farmacologia que neste século aprofunda a compreensão sobre a atividade fisiológica de drogas,

assim como faz aprofundamentos técnicos de testes de medicamentos; a Genética, que surge logo no início do século com a “recuperação” das leis mendelianas, buscou pela compreensão dos fatores da hereditariedade. Os quais tiveram sua localização definida nos cromossomos, sua composição elucidada como sendo de ácidos nucléicos, denominando-se genes as unidades de transmissão hereditária e iniciada a compreensão de seu funcionamento no desenvolvimento do organismo e na hereditariedade;

Além destas áreas, classicamente, consideradas experimentais, também são consideradas: a Evolução, advinda da teoria da seleção natural de Darwin, complementada pela genética quantitativa e de populações, pelo pontualismo, pelas aquisições da biologia molecular, pela fenética e cladística e pela teoria do altruísmo; A Ecologia e seus conceitos fundamentais (habitat, nicho, comunidade, ecossistema e paisagem) oriunda das atividades dos viajantes do século anterior e aprofundando o conhecimento sobre as interações entre seres vivos e ambiente ; a Etologia e sua síntese entre a filogenia, a ontogenia, a morfologia, a fisiologia, a evolução e a ecologia do comportamento; a Biogeografia também iniciadas pelos primeiros viajantes, e suas teorias acerca da distribuição dos seres vivos no planeta (o dispersionismo, a panbiogeografia, a teoria das ilhas e o debate sobre a deriva continental e a teoria das placas tectônicas).

4.2.1 UM POUCO DA HISTÓRIA DA FISILOGIA

As três primeiras décadas do século XX foram profícuas no estudo da fisiologia, com desenvolvimento de diversas técnicas, tecnologias e a elucidação da anatomia e aspectos funcionais dos sistemas. Estes acontecimentos foram essenciais para a consolidação da fisiologia moderna e também contribuindo para o desenvolvimento de outras áreas específicas tais como a bioquímica, a farmacologia, biologia molecular e a biologia celular. Citam-se alguns dos marcos da primeira metade do século, porém sem deixar de considerar que muitos dos cientistas dessa época e outros já vinham desenvolvendo suas atividades no final do século anterior, principalmente vinculados a interesses médicos.

Charles Scott Sherrington avança seus estudos do sistema nervoso central publicando, em 1906 o livro *A ação integrativa do Sistema Nervoso*. Nesta obra descreve a sinapse e o córtex motor, integrando os reflexos espinhais com o córtex (BREATHNACH, 2004).

Julius Bernstein, fisiologista germânico, foi o primeiro a medir os sinais bioelétricos. Ele se chamava a si próprio de “organic physicists” e desempenhou importante papel na criação da fisiologia moderna durante a segunda metade do século XIX (SEYFARTH, 2006).

Ele trabalhou, principalmente, em torno do que hoje é denominado, “biofísica e neurobiologia”, a fisiologia dos nervos, órgãos dos sentidos e músculos. A biografia de sua vida pessoal descreve que duas são as suas melhores realizações, primeira é a descoberta do potencial de ação no nervo e no músculo em 1868 e a sua teoria da membrana em 1902. Esta teoria providenciou a primeira explanação plausível sobre a físico-química de eventos bioelétricos (SEYFARTH, 2006).

Dentre vários outros pesquisadores que contribuíram para a consolidação da fisiologia cita-se a relação de Willian Bayliss e Ernest H. Starling no final do século XIX, eles publicaram o primeiro trabalho juntos em 1891. Durante dez anos eles se uniram na dedicação dos estudos sobre o sistema cardiovascular. Trouxeram contribuições sobre a atividade elétrica na contração muscular do coração dos mamíferos. Estes estudos e outros de Starling levaram muito tempo depois à preparação para o estabelecimento do aparato chamado *heart-lung* (um aparato experimental em que se liga o coração em uma estrutura que simula o pulmão) (BURGH DAYLI, 1967).

Nos primeiros anos do século XX Bayliss e Starling investigaram também a inervação do pâncreas e duodeno, realizando experimentos identificaram o mecanismo de liberação do ácido do pâncreas dentro do duodeno (HENDERSON, 2005). De acordo com Gregory (1973), as conclusões obtidas foram um marco na história das ideias fisiológicas, abrindo uma nova era para a fisiologia gastrointestinal e culminando em estudos da endocrinologia.

Por interesses diferentes, estes dois cientistas se separam e passam a desenvolver estudos e atividades distintas. Em 1915 Bayliss publica

Principles of general physiology (Princípios gerais da fisiologia) que em 1927 já estava na quarta edição (BURGH DAYLI, 1967).

Starling em 1905 usou o conceito hormônio (do grego – hormaein – excitar ou colocar em movimento) pela primeira vez numa exposição realizada para a Royal College de Medicina de Londres em que fez quatro leituras sobre uma revisão do cenário da endocrinologia incluindo porções de seu trabalho. O termo hormônio foi citado na quarta leitura que discute a tireóide, o ovário e testes (mas cabe ressaltar que o termo já existia na literatura antes disso) (HENDERSON, 2005, HSUEH *et alli*, 2005). Designou os hormônios como mensageiros químicos que estimulam célula a célula ao longo da corrente sanguínea, provavelmente coordenando as atividades e crescimento de diferentes partes do corpo (HILLIER, 2005). Sua definição aponta que os hormônios são sintetizados por órgãos específicos, ou glândulas; são secretados na corrente sanguínea até os seus sítios de ação; alteram a atividade dos tecidos-alvo ou órgãos (HSUEH *et alli*, 2005).

Starling desenvolve diversos estudos que lhe permitem a descrição dos movimentos peristálticos. Em 1910 ele retorna aos estudos do problema da função cardíaca e reconhece a necessidade de se completar a compreensão da regulação cardíaca na ausência de influências nervosas e humoral, iniciando experimentos com preparação de *heart-lung*. Juntamente com outros cientistas traz outras importantes contribuições neste âmbito. Em 1926 publica o livro *Principles of Human Physiology* (Princípios da Fisiologia humana) (BURGH DAYLI, 1967). Este cientista, juntamente com seus colaboradores, descobre a natureza do hormônio secretina. Trabalharam com a hipótese de que existia uma substância na parede do intestino delgado precursora (pró-secretina) e que a secretina se liberava sob influência do ácido (HENDERSON, 2005).

Outro campo promissor da área é a cultura de células e tecidos. A cultura de células, que se iniciou no começo do século XIX, durante todo o século XX teve diferentes estudiosos envolvidos no seu aprimoramento. Pode-se citar no século anterior Recklinghausen que no ano 1866 manteve células sanguíneas de répteis em ambientes estéreis, para ver como o meio ambiente influencia a célula e como esta interfere o ambiente. Claude Bernard, em 1878, destacou a importância do meio interno na regulação dos tecidos vivos; e outros podem ser citados como J.

Arnold e C. A. Ljunggren. No entanto, um grande avanço ocorreu no século XX (ASSIS *et alli*, 2002).

Em 1903, J. Jolly aprofundou o estudo sobre a sobrevivência das células fora do organismo vivo. Mas é Ross Granville Harrison reconhecido como inventor da cultura de tecidos, pois através de sua técnica de cultivo demonstrou visualmente a origem da fibra de tecido nervoso. Em 1910, M. T. Burrows introduziu o uso da técnica de *plasma clot* como prosseguimento das técnicas modernas de cultivo iniciadas por Harrison, mas teve o problema de contaminação do meio de cultura. Foi Alexis Carrel, em 1912, que levou para o laboratório de cultura de células técnicas de assepsia utilizadas em salas de cirurgias permitindo um avanço no estudo de células e tecidos *in vitro* (ASSIS *et alli*, 2002).

John Newport Langley, dentre outras contribuições, como a importante realização científica sobre a anatomia e fisiologia do sistema nervoso autônomo (TODMAN, 2008), introduz em 1905 o conceito de receptores moleculares específicos que se ligam às drogas ou transmitem substâncias entre células, desempenhando também efeitos de iniciação ou inibição de funções biológicas. Embora sua proposição tenha sido considerada como hipótese até 1960, atualmente é pedra fundamental de pesquisas farmacológicas e desenvolvimento farmacológico (MAEHLE, 2004).

Victor Alexander Haden Horsley e Robert Henry Clarke publicam 1908 o conceito básico de estereotaxia – instrumentos estereotáticos capazes de atingir partes do cérebro com uma agulha. A designação “cirurgia estereotática” foi criada por Horsley e Clarke, para definir o procedimento que consistia em usar o sistema cartesiano, num equipamento apropriado, para atingir determinada estrutura encefálica, visualizada por cálculos matemáticos tridimensionais (ROCHA JR., 2009).

Harvey Cushing concentrou largamente seu trabalho sobre a cirurgia neurológica, se interessou por patologias cerebrais, como tumores, tensão intracranial e distúrbios no sistema nervoso central. Cultivou também interesse sobre as atividades funcionais da glândula pituitária e da hipófise. Muitos artigos e livros foram derivados de seus estudos experimentais. Ele trouxe diversas contribuições no conhecimento e avanço no estudo sobre as condições neurocirúrgicas, seu nome é muito importante neste campo de pesquisa (MACCALLUM, 1940).

Na última década do século XIX o raio X foi descoberto por Whilhem Conrad (MARTINS, 1997b), e rapidamente se tornou o principal instrumento na medicina para identificar fraturas nos ossos e corpos estranhos. Muitas eram as áreas médicas que já usavam raios-x ao final do século XIX, destacando-se a área médica: problemas de coração, impotência, úlceras, depressão, artrite, câncer, pressão alta, cegueira, tuberculose... e, também, a irradiação de tumores benignos (não cancerosos), que perdurou por mais de 40 anos. Com o desenvolvimento do campo da radiologia foi dada uma nova aplicação a essa tecnologia com usos na neurologia e neurocirurgia (LIMA *et alli*, 2009). Em 1896 Cushing talvez tenha sido o primeiro a produzir e aplicar a neuroimagem para a identificação de um projétil na vértebra cervical de um paciente. Alguns anos depois Walter E. Dandy, que durante o primeiro ano de residência foi seu assistente cirúrgico, quando passa a estudar a hidrocefalia em cachorros, junto com Blackfan, obtém o entendimento do fluido cérebro espinal, causador da doença (KILGORE; ELSTER, 1995).

Em 1916, Dandy juntamente com George Heuer apresenta como o raio X pode ser utilizado para identificar tumores na pituitária e massas intracraniais como os aneurismas. É principalmente reconhecido pela utilização da pneumoencefalografia e ventriculografia, isto que contribuiu para o desenvolvimento de uma nova área, a radiografia diagnóstica (KILGORE; ELSTER, 1995).

Hans Berger em 1929 desenvolveu o eletroencefalograma, providenciando uma nova ferramenta no diagnóstico cerebral, principalmente considerando as necessidades da prática dentro do mapeamento neurológico diagnóstico e procedimentos neurocirúrgicos. Ele descobriu que era possível registrar as fracas correntes elétricas geradas no cérebro humano, sem a necessidade de abrir o crânio, e mostrá-las na forma de um registro em papel; e que esta atividade mudava de características de acordo com o estado funcional do cérebro (TUDOR *et alli*, 2005).

No final da terceira década Lawrence J. Henderson e Walter B. Cannon, ambos inspirados no legado de Claude Bernard com seu princípio de estabilidade do *milieu intérieur* (meio interno), lançam, em perspectivas distintas, as bases da homeostase como um paradigma fisiológico (CHAMBERS; BUCHMAN, 2001).

Cannon (1929) publica na *Physiological Reviews* o artigo *Organization for Physiological Homeostasis*. A homeostase descreve a tendência dos organismos em manter a estabilidade do meio interno. O equilíbrio homeostático se realiza graças à integração de diversos mecanismos fisiológicos, nos diversos níveis de organização do ser vivo. Além disso, Cannon foi o pioneiro na demonstração do fenômeno da secreção interna, envolvendo a liberação de glicose hepática para a veia porta, o que contribuiu sobremaneira para o desenvolvimento da Endocrinologia (SOUZA JR.; PEREIRA, 2008).

Ambos contribuíram para uma síntese do pensamento fisiológico, Henderson, em 1928, compila e amplia as leituras publicando o livro intitulado *Blood, A study in General Physiology*. (Sangue, Um estudo na Fisiologia geral), quatro anos depois Cannon publica *Wisdom of the Body* (Janela para o corpo) (CHAMBERS; BUCHMAN, 2001).

Na década seguinte, a fisiologia não diminuiria a velocidade de suas atividades. Uma nova tecnologia ganharia mais terreno em toda a biologia experimental, proporcionando, junto com elaboração de outras técnicas das décadas seguintes, o desenvolvimento de novos ramos da Biologia com especializações para o nível micro. Foi o microscópio eletrônico inventado em 1932, por Max Knoll e Ernest Ruska (MARCOLIN, 2003). Sendo considerado por Rostand (197?) como condição fundamental para as pesquisas e para as próximas convicções da biologia nas décadas seguintes.

Considerando outros avanços tecnológicos citam-se o desenvolvimento de técnicas que possibilitaram a compreensão inicialmente da estrutura cerebral, com posteriores aplicações médicas no corpo como um todo. Dentre estes avanços cita-se, L. Leksell que, em 1956, publica o primeiro estudo sobre o uso do ultrassom para identificação de doença intracranial (BROWN, 1967).

4.2.2 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOQUÍMICA

A bioquímica se deriva da fisiologia e de sua relação com a química orgânica produzindo um grande avanço na compreensão dos mecanismos moleculares. Permitiu mais futuramente que os mecanismos genômicos envolvidos nos processos fisiológicos pudessem começar a ser esclarecidos (TORRES FILHO, 2008). Claros (2002a) aponta a bioquímica como resultante da aplicação de princípios e métodos da química e da física à fisiologia e à biologia. Por isso, ela foi por muito tempo chamada de química fisiológica ou química biológica. Química fisiológica devido ao seu enfoque clínico e estudos tendo humanos como modelo; e química biológica devido sua ampliação ao enfoque da biologia que começou a se aprofundar em outros organismos vivos além dos seres humanos. A importância da bioquímica reside no fato de que todas as manifestações da atividade biológica celular são resultados de processos químicos.

Os procedimentos inicialmente utilizados na bioquímica eram aqueles vindos da química do século anterior. Mais tarde foram elaboradas técnicas mais específicas para a área, sendo estas a eletroforese, a cromatografia e a espectroscopia. O método que veio a se tornar a base para o sistema atual de eletroforese para a separação de proteínas foi desenvolvido no início dos anos 1930 por Arn Tiselius (TORRES FILHO, 2008).

Em 1877, Felix Hopper-Seyler no primeiro volume de *Zeitschrift für Physiologischen Chemie* reconhece a Bioquímica como uma disciplina independente, mas se mantém o nome de Química fisiológica. Hopper-Seyler denominava a química fisiológica de bioquímica por entender que os conhecimentos científicos da química da vida se estendiam além dos aspectos químicos dos fenômenos fisiológicos sendo aplicados em problemas médicos, agrônômicos e industriais. Também os cientistas da época entendiam que os estudos já se diferenciavam dos estudos fisiológicos, possuindo conceitos e métodos próprios. Este reconhecimento permitiu separar a fisiologia da química fisiológica, e assim a transformação em bioquímica (CAMPOS, 2006).

Hopper-Seyler em 1877 cunhou o termo “Biochemie”, que etimologicamente significa química da vida (CLAROS, 2002a). Foi professor da

disciplina Química Fisiológica em Estrasburgo. As universidades de Estrasburgo e Tübingen eram as únicas da Alemanha que tinha essa disciplina, as demais tratavam ainda como química orgânica e fisiologia (CAMPOS, 2006).

A Bioquímica foi reconhecida como uma disciplina distinta e assim chamada em 1900. Contudo, inicialmente a Bioquímica era ensinada como disciplina universitária chamada de Química Fisiológica, mas em 1902 foi instituída a primeira cadeira chamada por Bioquímica na Universidade de Liverpool. Em 1905 foi fundado o primeiro periódico *The American Journal of Biological Chemistry* e em 1906 a *Bio-Chemical Journal* e a *Biochemische Zeitschrift* (MORTON, 1972).

Mas como afirma Lorenzano (2007, p.12) o processo de constituição da bioquímica não foi abrupto, em suas palavras:

Igualmente a outras disciplinas biológicas, a bioquímica não rompe abruptamente com o conhecimento anterior, mas mediante transições que ocorrem ao longo do período histórico e no qual existem continuidades. E decididamente, não rompe com a química fisiológica. Pelo contrário, a continua e ao mesmo tempo se separa dela desde o ponto de vista epistêmico quando se instala como “teoria enzimática” (tradução nossa).

Inicialmente a bioquímica foca as mudanças químicas no metabolismo celular. Ela foi crescendo aos poucos. 95% do conteúdo que se conhece no início da década de 1970 não existia em 1900 (MORTON, 1972).

A fisiologia química na Alemanha no final do século XIX providenciou uma base firme para o estudo do papel dos carboidratos, gordura e proteína. Os animais e os homens ocupam uma posição no consumo de oxigênio e liberação de dióxido de carbono durante a respiração e isto foi mensurado. O quociente e valores calóricos foram obtidos. O metabolismo basal foi relacionado com a área superficial do corpo e a dinâmica específica da ação do alimento também foi descoberta. A aplicação em pacientes com disfunção da tireóide dos quocientes respiratórios e da medida da taxa do metabolismo basal abriu um novo capítulo. Foi designado um largo tipo de nutrientes necessários para o homem, sendo estabelecido e desenhado um quadro sobre a manutenção do organismo animal, de sua temperatura corporal e igualmente de sua atividade física na utilização de energia dos alimentos, estas questões se tornaram um desafio o que contribuiu para a geração de bioquímicos (MORTON, 1972).

Este desafio foi aceito, realmente não havia conhecimento suficiente sobre a relevante química orgânica. O trabalho de Morton Emil Fischers atingiu consequência no século XX. Em 1868 foram conhecidos seis aminoácidos e em 1900 dezesseis. A Valina e a Prolina foram identificados por Fischer em 1901 e Philip A. Cole e Johns Hopkins descobriram o triptofano; a Metionina, Treonina e Tiroxina muito tempo depois. A detecção de açúcar na urina foi possível anos depois, mas a insulina não foi sintetizada antes de 1921 e purificada muito depois (MORTON, 1972).

A Bioquímica foi associada com a teoria geral dos processos vivos relacionada a uma nova consciência da importância das enzimas. Esta nova visão pode esclarecer vários eventos ocorridos em 1890. Considera-se que a teoria sobre a enzima foi o indicativo oficial da nova bioquímica. Constitui-se um novo programa de pesquisa e um território comum de grupos de cientistas por volta de 1900 que podiam ser chamadas de bioquímicos, isto que providenciou bases para subsequentes estudos que fortaleceram a bioquímica nos anos de 1900-1920 (KOHLE JR., 1973; CAMPOS, 2006; LORENZANO, 2007).

Um dos primeiro casos paradigmáticos da bioquímica foi a identificação da causa da fermentação do suco de uva, por Eduard Buchner, em 1896. Como o suco não tem células, julgou-se que a fermentação ocorreu devido alguma substância presente em microorganismos, chamando-a de enzima. Buchner identificou que a quantidade de enzima necessária para promover uma modificação do suco era pequena, comportando-se similarmente as substâncias catalíticas da química inorgânica. Mas é provável que já em 1872 María Manassiena (1843 – 1903) tenha obtido resultados similares sobre a fermentação alcoólica, mas seus dados não tiveram aceitação (LORENZANO, 2007).

Bucher e Arthur Harden, William Young e Hans von Euler identificaram dois tipos de leveduras: as grandes que ficam retidas na membrana e outras menores que a transpassam. Nenhuma delas tem atividade fermentativa separada ou de outro gênero sobre a glucose, ainda que se recuperem ao juntar-se. As maiores são inativadas pelo calor, mas as menores são estáveis no aumento de temperatura, o que permite separá-las sem ser preciso filtrá-las. Estas substâncias orgânicas que resistem ao calor, sendo indispensáveis para ocorrer a reação, foram chamadas de coenzima. A coenzima é um composto rico em fosfatos, cuja potência

diminui ao longo do tempo, se reativando quando se adicionava fosfato. A fórmula química das coenzimas foi determinada com exatidão por Hans von Euler (LORENZANO, 2007).

Não se compreendeu simplesmente a fermentação do suco de uva, mas o mecanismo enzimático de transformação, isto sendo aplicado a outras transformações químicas já conhecidas e tantas outras foram elucidadas (LORENZANO, 2007). O significado metabólico e o caminho biossintético puderam ser imaginados, mas a evidência fatural foi pouca. Chevreul rendeu-se a química do lipídio e descreveu sua base; a lecitina foi conhecida, mas a distinção entre ela e a cefalina não foi feita até 1913. O colesterol foi obtido de cristais biliares e o caroteno também foi conhecido, mas a química orgânica da planta e os esteróis e carotenóides animal começava a ser sistematizado somente no período de 1923-33 (MORTON, 1972).

Em 1917 William Draper Harkins identifica que a matéria viva é composta predominantemente de elementos de menor massa molecular (C, H, O, N) e em particular aqueles que têm um número de ordem par. Na década de 1920 houve um grande desenvolvimento na bioenergética. Em 1923 a Bioquímica se preocupa com os conceitos de energia e entropia descritos por Josiah Willard Gibbs, considerando os seres vivos como um sistema termodinâmico aberto que troca matéria e energia com o meio (CLAROS, 2002b).

O termo hormônio quando proposto também possibilitou avanços na química orgânica. A compreensão em torno das vitaminas e sua importância nutricional também trouxeram avanços. A descoberta das co-enzimas, como catalíticas de processos metabólicos, trouxe efeitos na bioquímica e o processo central de transporte de elétrons, fosforilação oxidativa, fotossíntese e ciclos metabólicos gerais eram ainda vulneráveis (MORTON, 1972).

Outras foram as contribuições do início do século XX, o esclarecimento da fórmula estrutural do ácido inosínico por Phoebus Aaron Theodor Levene e Walter Abraham Jacobs em 1911 e o conhecimento em 1914 das bases essenciais e da D-ribose. A primeira coenzima nucleotídica foi apresentada em 1906 por Arthur Harden e William Young, mas passa a ser reconhecida em 1944. O trabalho de C. A. McMunn (1884) foi rejeitado e negligenciado, David Keilin 'redescobriu' sua importância catalítica em 1925 (MORTON, 1972).

Em 1924 Albert Jan Kluyver afirma que as reações endorgônicas podem ser finalizadas mediante o acoplamento de uma reação exorgônicas. Em 1938 Otto Warbur demonstrou a formação do ATP na reação de oxidação do gliceraldeido-3-fosfato. Em 1940 Herman Moritz Kalckar esclarece a formação de ATP na fosforilação oxidativa. Lipmann em 1941 postula o papel do ATP nos ciclos de transferência energética, consolidando as bases da interpretação da energética celular (CLAROS, 2002b).

Nas décadas de 1930 a 1940 são delimitadas grandes linhas do metabolismo intermediário celular, trazendo importantes contribuições sobre a absorção de luz e a transferência de energia na fotossíntese, assim como a descoberta dos hormônios vegetais e as vitaminas (CLAROS, 2002b).

Rapidamente a bioquímica avançou nos estudos relacionados aos animais e aos microorganismos, tais como a fixação fotossintética de CO₂ proposta no final da década de 1940 e início de 1950 por Melvin Calvin e A. Benson e J. Bassam. Neste período Linus Pauling e Robert Corey propuseram a estrutura protéica em hélice e em 1951; Fred Sanger sequênciava pela primeira vez a insulina. Na metade da década de 1970 as discussões sobre proteínas, aspectos bioquímicos da genética, mecanismos de ação enzimática, organização e regulação de enzimas, ácidos nucléicos e nucleotídeos aumentaram substancialmente. Mas também novas temáticas apareceram tais como membranas e paredes celulares, diferenciação celular, mobilidade, fixação de nitrogênio, secreção, etc. (CLAROS, 2002b).

O esquema Z da fotossíntese é proposto por R. Hill e F. Bendall (1960). P. Mitchell (1961) propõe a hipótese quimiosmótica, o que foi muito importante para o desenvolvimento da energética dos fenômenos de transporte. François Jacob, Jacques Monod e Jean-Pierre Changeux (1965) propõem a forma de ação das enzimas alostéricas. Os estudos das membranas celulares e dos mecanismos de transporte de substância através delas culminaram em 1972 com o estabelecimento do modelo do "mosaico fluido" de S. Jonathan Singer e Garth L. Nicolson, como uma explicação molecular da estrutura da membrana (CLAROS, 2002b).

Por este tempo começam diminuir os estudos e caracterização das enzimas ou suas rotas metabólicas, uma vez que a Biologia molecular começou a abordar os problemas de forma mais funcional e rápida (CLAROS, 2002b).

4.2.3 A QUESTÃO DA ORIGEM DA VIDA

No início do século XX, segundo Damineli e Damineli (2007), a ideia de que os seres vivos teriam se originado com a propriedade de fabricar seu próprio alimento (teoria autotrófica) orientava as pesquisas sobre a questão da origem da vida.

Uma ideia nova foi apresentada por Alexandre Oparin em 1924. Ele usou da ideia da evolução darwiniana lenta e gradual ocorrida no ambiente geológico da Terra num ambiente redutor. Partindo das substâncias mais simples para as mais complexas, ele concluiu que, a partir dos hidrocarbonetos e da amônia, outros compostos mais complexos, como carboidratos e proteínas teriam se formado. O autor introduziu o conceito de coacervado como estrutura intermediária para o aparecimento dos seres vivos propriamente ditos (OPARIN, 1968).

Processo semelhante foi proposto por John B. S. Haldane em 1928. A indicação conhecida por Oparin-Haldane é que os aminoácidos teriam sido produzidos a partir de moléculas mais simples, num ambiente redutor. As moléculas simples, (CH_4 , CO , CO_2 , H_2 , H_2S , HCN , NH_3 , H_2O , etc.), poderiam originar moléculas mais complexas (aminoácidos, açúcares, ácidos nucleicos, lipídeos, etc.) as quais formariam, por sua vez, biopolímeros (peptídeos, polissacarídeos, nucleotídeos, etc.). Estes reagiriam entre si e formariam estruturas coacervadas. Aí, após milhões de anos, as reações químicas seriam tão complexas que poderiam ser consideradas estruturas vivas (ZAIA; ZAIA, 2008),

Segundo Damineli e Damineli (2007), nos anos 1950, Harold Urey argumentou que a atmosfera da Terra, em sua origem, era parecida com a dos planetas gasosos que teriam mantido sua atmosfera rica em amônia (NH_3), metano (CH_4) e hidrogênio (H_2), quase inalteradas por causa da grande massa (alta gravidade) e baixa temperatura. Os planetas rochosos (Mercúrio, Vênus, Terra e

Marte) as teriam perdido pela baixa gravidade e pela proximidade do Sol. Partindo da hipótese de Urey, seu aluno Stanley Miller, que conhecia a teoria de Oparin, em 1953, montou um experimento imitando os processos atmosféricos primitivos. Esta atmosfera era constituída por um gás de amônia, metano e hidrogênio a qual passava por uma câmara onde havia descargas elétricas, depois era condensado num recipiente de água e evaporado novamente, num ciclo contínuo. O resultado foi que se formou um precipitado rico em aminoácidos (MILLER, 1953).

Vários experimentos foram feitos a partir desse trabalho, tais como Oró (1960) Ferris *et alli* (1978); Ferris e Hagan, (1984); onde simulando diferentes condições presentes na Terra primitiva foram sintetizadas abioticamente diversas moléculas de interesse para o surgimento da vida (aminoácidos monômeros de proteínas; peptídeos; formaldeído e cianetos). Mas, estes resultados ainda não foram suficientes para provar que a vida teve esta origem (DAMINELI; DAMINELI, 2007). Os mesmos autores explicam que os experimentos nunca produziram nada mais complexo que aminoácidos e que a atmosfera da Terra nunca foi redutora no grau necessário para formar aminoácidos.

4.2.4 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOLOGIA CELULAR

No início do século XX, até o início da década de cinquenta, os estudos sobre a célula, como unidade básica de todos os seres vivos, eram de natureza morfológica. Utilizavam-se do microscópio óptico tradicional e de corantes pouco específicos, mas que permitiam a distinção entre o núcleo e o citoplasma. Vivia-se então o período do surgimento da Citologia, disciplina que nasce ligada à Histologia, esta amplamente difundida e componente básico dos cursos de Medicina.

Foi principalmente a partir dos laboratórios do Instituto Rockefeller, em New York, que se iniciaram estudos com dois objetivos principais. Primeiro, proceder a uma análise mais detalhada da organização celular, lançando mão da microscopia eletrônica, que dava os seus primeiros passos. Segundo, aplicar ao

estudo da célula métodos bioquímicos já existentes. Dois pesquisadores desempenharam papel importante nesta fase inicial: Albert Claude e Keith Porter.

Assim como a Bioquímica, a Biologia Celular também deriva da fisiologia (TORRES FILHO, 2008), mas vai além disso. A biologia celular significa uma aproximação integradora e interdisciplinar, utilizando conceitos e técnicas da anatomia, bioquímica, biofísica, genética, zoologia, botânica, virologia e microbiologia procurando compreender a natureza da célula viva. Nem a aproximação feita e nem o termo eram novos. Ambos datavam mais de um século antes (PORTER; BENNETT, 1981).

Esta integração foi claramente incorporada nas obras *Allgemeine Anatomie* (Anatomia Geral) de Friedrich Gustav Jacob Henle entre de 1841, em *Handbuch der Gewebelehre des Menschen* (1852) de Albert Von Kölliker, em *Untersuchungen uber das Protoplasma and die Contractilitdt* de W. Kuhnes publicado em 1864 e na obra de Jean Baptiste Carnoy *La Biologie Cellulaire, Étude Comparée de la Cellule dans les Deux Règnes*, de 1884. Na introdução de Carnoy ele informa que o primeiro laboratório de biologia celular foi estabelecido na Universidade Católica de Louvain, Bélgica em 1876, ele ainda coloca que havia vários estudantes belgas e estrangeiros ávidos de ciência e ardentes ao trabalho (PORTER; BENNETT, 1981).

Todavia a década de 1950 é reconhecida como marco da disciplina. No início de 1950, um pequeno grupo de biólogos começou a explorar a anatomia intracelular usando a tecnologia emergente da microscopia eletrônica. Muitos destes pesquisadores eram do Instituto de Medicina de Rockefeller, antecessor da Universidade Rockefeller. Decepcionados com a qualidade da reprodução das imagens de seus estudos nos *journals* do período foi discutido a criação de outro *journal* para publicar este novo tipo de trabalho em 1954. Em janeiro 1955 é editada *The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, dentre os editores estavam Richard S. Bear, H. Stanley Bennett, Albert L. Lehninger, George E. Palade, Keith R. Porter, Francis O. Schmitt, Franz Schrader e Arnold M. Seligman (JBC, 2010, MELLMAN, 2005).

A revista foi designada por *Jornal da citologia Biofísica e Bioquímica* para ser um meio comum de publicação de investigações dos aspectos morfológicas, biofísicas e bioquímicos das células, seus componentes e produtos.

Foi dada atenção especial aos trabalhos sobre a organização celular nos níveis coloidal e molecular e os estudos contribuindo com informações citológicas derivadas das várias técnicas possíveis. O editor da revista reconheceu a necessidade de um título mais vantajoso mudando o nome da revista para *Journal of Cell Biology* (JBC) em 1962 (PORTER; BENNETT, 1981).

A origem da biologia celular conduziu em 1955 a fundação da revista JCB que catalizou o crescimento desta disciplina na biologia moderna (MISTELI, 2009). Muitas descobertas seminais foram publicadas nele, incluindo a primeira descrição das inúmeras funções e estruturas celulares, enquanto caminho de secreção (Siekevitz e Palade, 1958, 1960; Caro e Palade, 1964; Jamieson e Palade, 1967a,b, 1971), sobre a mitocôndria (Nass e Nass, 1963a,b), o cloroplasto (Ris e Plaut, 1962) o DNA, os microtúbulos (Slautterback, 1963; Ledbetter e Porter, 1963), os filamentos intermediários (Ishikawa et al., 1968), as junções (Farquhar and Palade, 1963) (incluindo occludins [Furuse et al., 1993] e claudinas [Furuse et al., 1998]), junções aderentes (Farquhar e Palade, 1963), e caderinas (Takeichi, 1977) (JBC, 2010).

Em seu surgimento a biologia celular não estava distante da ciência descritiva dos dois séculos anteriores, ela nem compartilhou a origem da ciência molecular. Ao se estabelecer o conceito de célula aparentemente nunca terminou o esforço para mudar o entendimento do trabalho desenvolvido na área (MISTELI, 2009).

Assim como Recio (1990), ao estudar os elementos dinâmicos da teoria celular, encontrou uma grande concordância entre o desenvolvimento da teoria celular e o modelo da dinâmica das teorias que Lakatos postulou, a biologia celular pode ser vista como uma ampliação da primeira. Não houve, portanto, uma transformação que sustentasse a ideia de revolução do tipo Kuhniana.

4.2.5 UMA BREVE HISTÓRIA DA FARMACOLOGIA

A farmacologia é uma das pedras fundamentais no processo de descobertas das drogas de uso terapêutico. A clínica médica provavelmente pode ser reconhecida por indicar compostos a este uso, mas a farmacologia testa e busca compreender sua atividade fisiológica (SCHEINDLIN,2001).

Um dos conceitos fundamentais desta área é o de receptor. Como colocado anteriormente, a ideia de receptor molecular apresentada 1905 por John Newport Langley foi fundamental para a farmacologia (MAEHLE, 2004). Paul Ehrlich, por este tempo, apresenta sua teoria sobre receptores seletivos envolvendo certas substâncias nutritivas e toxinas. As drogas foram inicialmente excluídas por que elas podiam ser extraídas de tecidos e não precisavam ser firmemente ligadas a célula. Em 1907 Ehrlich revisa o conceito e adiciona a ideia de receptores de drogas, os quais foram chamados de quimiorreceptores. Este conceito revisado forneceu bases teóricas para seus trabalhos futuros, culminando na descoberta do arsefenamina Salvarsab, considerado o primeiro agente quimioterápico usado para o tratamento da sífilis (RUBIN, 2007).

Em 1897 John Jacob Abel e A. C. Crawford isolaram e purificaram o princípio ativo da medula adrenal, o que mais tarde Abel chamou de epinefrina. Abel produziu grandes contribuições a farmacologia americana, quando, em 1927, isolou a insulina cristalizada (RUBIN, 2007). Ehrlich também trouxe contribuições para o campo da farmacologia com seus princípios de padronização da insulina. A insulina foi descoberta em 1921 por F. G. Banting e C. H. Best em Toronto e seu uso para o tratamento da diabetes logo se tornou aparente (BRISTOW *et alli*, 2006).

O estrato de Abel da medula adrenal não exibiu forte atividade fisiológica, mas um químico industrial Jokichi Takamine procurou desenvolver e patenteou posteriormente o princípio ativo purificado. Colocou no mercado uma substância cristalina chamando-a por adrenalina. Este fato passou a estimular a academia e o interesse comercial e em pouco tempo a adrenalina foi reconhecida como princípio ativo da glândula adrenal (RUBIN, 2007).

No início do século Thomas Renton Elliott passa a estudar os efeitos dos estratos medulares na forma de epinefrina e a estimulação do nervo simpático.

Após vários experimentos em diferentes espécies de animais, Elliot reconheceu a similaridade entre a ação farmacológica da epinefrina e os efeitos da estimulação dos nervos simpáticos, assim em 1904 ele propõe o conceito de transmissão química passando a discuti-lo em trabalhos posteriores. Seu reconhecimento intuitivo de uma ligação bioquímica entre sítios de transmissão colinérgica, somente foi sustentada por evidências experimentais décadas depois (RUBIN, 2007).

Naquela época Elliott não teve muito sucesso com seu trabalho e sua teoria, chegando a deixar a pesquisa e a trabalhar como médico durante a 1ª Guerra e posteriormente ser professor da cadeira de Clínica médica até 1939. Somente alguns anos após foram obtidas evidências sobre a transmissão química nos sítios sinápticos por Sir Henry Dale (RUBIN, 2007).

Langley esteve aparentemente inclinado aos conceitos de transmissão de Elliott reconhecendo-os como contribuição válida. Contudo o conceito de substância receptiva proposta por ele em 1905, muito pouco foi atribuída a ideia expressa por Elliott sobre como a célula muscular responde ao estímulo químico. Considera-se que a publicação de Langley falhou na não consideração das ideias de Elliott, isso que pode ter desanimado o jovem investigador e desviado a sua atenção do caminho que provavelmente foi um importante avanço da neurobiologia (RUBIN, 2007).

Embora as contribuições de Elliott fossem breves e incompletas, elas foram duradouras. Seu trabalho seminal tornou-se um paradigma para os estudos futuros que elucidaram o processo básico envolvido na função dos nervos. Neste sentido citam-se Walter Dixon, que estendendo em 1907 o trabalho de Elliott, arguiu que os nervos parassimpáticos liberavam similarmente um neurotransmissor para ativar os sítios de ação, mas devido as limitações metodológicas e o conhecimento básico da época seu estudo não teve continuidade (RUBIN, 2007).

Outros foram os pesquisadores como Walter Samuel Hunt e Henry H. Dale em 1910, deram crédito a interpretação de Elliott, e forneceram suporte a sua hipótese de que a epinefrina transmitia a resposta emitida pela estimulação do nervo simpático no sítio de ação pós-sináptico. Todavia Hunt também não continuou sua pesquisa. Neste sentido pode-se argumentar que na época a comunidade cientista apresentava um desinteresse por esta linha de pesquisa, assim como havia limitações metodológicas que produziam dificuldades, se não impossibilidades, para

empregar maiores aproximações experimentais diretas para o problema na época (RUBIN, 2007).

Henry Hallett Dale e George Barger estudaram o mais importante derivado fisiológico, a noradrenalina (RUBIN, 2007). Dale fez várias descobertas com relação a acetilcolina, histamina e os hormônios pituitários e seus efeitos no sistema nervoso simpático (BRISTOW *et alli*, 2006).

Dale também é reconhecido pela contribuição a teoria sináptica ao estabelecer a transmissão química como seu eixo central, mostrando juntamente com Otto Loewi, que, geralmente, as informações elétricas que passam nos gaps das sinapses somente ocorrem via intermediários químicos. Antes destes estudos havia o entendimento de que a sinapse era considerada como uma região em que simplesmente as correntes elétricas pulavam de um nervo para a célula de ação. Mas já no século XIX Claude Bernard providenciou a primeira evidência de que a transmissão através da junção sináptica envolvia forças diferentes de uma simples transmissão elétrica (FISHMAN, 1972).

Em 1909 Loewi aceita a cadeira de farmacologia na University of Graz (Áustria), onde desenvolve seu experimento clássico. Ele tinha grande interesse no conceito de transmissor químico e dedicou seus estudos na compreensão das diferentes formas dos órgãos do corpo reagirem a estímulos químicos e elétricos. No ano de 1920 Loewi desenvolveu em seu laboratório um experimento que revolucionou o conceito da função do nervo, conduzindo ao reconhecimento do conceito de transmissor químico como conceito biológico básico, porém foram necessários outros estudos para que a comunidade científica o aceitasse três décadas após (RUBIN, 2007).

Loewi removeu dois corações de rãs ainda vivas e os colocou cada uma ligado a um recipiente contendo uma substância salina. Deixou o nervo automático ligado ao coração número um, mas não ao segundo. Quando ele aplicou uma pequena corrente elétrica ao nervo do primeiro coração ele diminuiu o ritmo, quando ele deixou um pouco da solução salina escorrer do recipiente 1 para o recipiente 2 ele notou que o segundo coração também diminuiu o ritmo. A corrente elétrica não poderia ter afetado o segundo coração, devia haver algum elemento químico liberado na solução salina pelo nervo do coração 1 que havia se comunicado com o coração 2. Ele mostrou que as células nervosas se

comunicavam com elementos químicos. Ele chamou esta substância de *vagusstoff*. Mais tarde Dale a identificou e a isolou chamando-a de acetilcolina (RUBIN, 2007; HAVEN, 2008). Dale também foi o primeiro a isolar acetilcolina de órgãos de mamíferos e a inventar os termos "sinapse colinérgica" e "sinapse adrenérgica" (RUBIN, 2007).

Loewi usou a mesma preparação para estudar os efeitos da estimulação do sistema simpático, obtendo um efeito oposto ao esperado. Ao estimular os nervos ganglionares do coração 1 ele obteve uma aceleração dos batimentos e da força de contração do coração 2, em um efeito similar à adrenalina injetada. Com a mesma cautela, ele chamou-a de *Acceleransstoff* (substância acelerante). Ele também cunhou o termo "transmissão neuro-humoral" para explicar o que tinha descoberto. Contudo, o próprio Loewi duvidava que pudesse ainda generalizar essa descoberta para o sistema nervoso como um todo, ou seja, que existia transmissão neuro-humoral também no Sistema Nervoso Central (RUBIN, 2007)

Henry Dale, em uma série de experimentos, entre 1929 e 1936, determinou que a acetilcolina também era o neurotransmissor na sinapse entre o sistema nervoso e o músculo esquelético, e que as sinapses ganglionares no Sistema Nervoso Autônomo eram todas colinérgicas, em contraste com as pós-ganglionares, que podiam ser colinérgicas ou adrenérgicas, conforme tinha sido demonstrado por Loewi (RUBIN, 2007).

Daniel Bovet sintetizou os primeiros componentes que inibem a ação de certas substâncias do corpo, especialmente sua ação no sistema vascular e o músculo esquelético. Descobriu o poder bactericida dos compostos de sulfanilamida, também a primeira antihistamina (1944) e a pirilamina (mepiramina) (RUBIN, 2007). Publicou um importante livro sobre os fármacos aplicados Doença de Parkinson *Structure chimique et activité pharmacodynamique des médicaments du système nerveux végétatif* (1948 – Estrutura química da atividade farmacodinâmica dos medicamentos do sistema nervoso vegetativo)

No cenário em que ainda se defendia a ideia da transmissão neuromuscular por mecanismo elétrico, como por John Eccles, mesmo havendo diversos experimentos que já indicavam a participação química, Sir Bernard Katz e colaboradores demonstraram e estabeleceram que a junção neuromuscular era

química no ponto de contato entre o nervo e o músculo. Para isso usaram eletrodos intracelulares. Revelaram moléculas chaves para a descrição desta interação; conseguiram explicar que as pequenas flutuações de potencial de membrana da junção neuromuscular eram devidas à liberação aleatória de pequenas quantidades de acetilcolina, evidenciando indiretamente a existência de vesículas. Formularam importantes hipóteses que atualmente são reconhecidas como fatos (FORMEMRS, 2003).

Katz trouxe grandes contribuições para o campo durante os anos de 1950 e 1960 utilizando técnicas eletrofisiológicas que incluiu um aparelho de registro intracelular e microriontoforese em células individualizadas, ele descreveu o mecanismo básico do local da despolarização da finalização do motor quimiossensitivo (RUBIN, 2007).

A farmacologia depende muito do uso instrumental de animais em seus experimentos, mas o ser humano também pode ser usado para testar drogas, isso já ocorria no início do século XIX. Um uso interessante do ser humano na farmacologia ocorreu em 1940, embora a padronização de medicação para doenças do coração já vinha sendo feita a mais de um século, este não havia um método confiável para avaliar a potência do medicamento. Os ensaios biológicos eram desenvolvidos com rãs, porcos, gatos, mas nenhum era totalmente satisfatório. Em 1942 um grupo de cardiologista publicou *Method For Bioassay Of Digitalis In Humans*. O ensaio foi baseado em mudanças quantitativas no eletrocardiograma dos pacientes, mas era difícil encontrar pacientes que quisessem participar desta padronização. Mas só quando o medicamento está bem avaliado na aplicação em animais é que ele é testado em humanos (SCHEINDLIN, 2001).

4.2.6 HISTÓRIA DA GENÉTICA E A QUESTÃO DA HERANÇA

Para Lacadena (2000) pode-se formular duas definições diferentes de Genética: “a ciência que estuda a herança e a variação nos seres vivos (Bateson, 1906) e (...) “a ciência que estuda o material hereditário sob qualquer nível ou dimensão” (LACADENA, 2000, p.3, tradução nossa).

Em princípios do século XX, a maioria das estruturas morfológicas da célula havia sido observada com o microscópio óptico, assim como os traços gerais dos processos de divisão celular da mitose (divisão somática) e da meiose (formação das células germinais). Os trabalhos realizados por Boveri, Henking, Montgomery e outros haviam demonstrado que tais divisões celulares davam lugar a uma partição e separação exata dos cromossomos nucleares (MARTINS, 1997).

A nova ciência que nascia buscava explicar os fenômenos hereditários biológicos, procurando respostas para as questões: Quais são as leis pelas quais as características biológicas são transmitidas dos pais para os filhos? Qual é a base física, ou seja, a substância pelas quais tais características hereditárias se conservam e transmitem? Dito de outra forma, qual é a base molecular da herança? A primeira pergunta teve resposta deflagrada pelos estudos de Mendel e a segunda pela história do ácido desoxiribonucleico que se inicia em 1869 por Mischer (LACADENA, 2000) a qual será apresentada neste item.

Hugo de Vries, Carl Erich Correns e Erich Von Tschermak-Seysenegg, em 1900, pesquisando a ideia da transmissão hereditária encontraram os trabalhos de John Gregor Mendel que tinham um modelo hipotético que afirmava da existência de fatores invisíveis transportados pelos gametas e que não se misturavam (GENETICS, 1950; MARTINS, 2002). A teoria mendeliana não se limitava a previsões sobre características observáveis nos experimentos de cruzamentos, mas proporcionava interpretações dos resultados a partir da constituição dos gametas. A divulgação das chamadas leis de Mendel levou ao desenvolvimento de vários estudos, nos dez anos seguintes, que procuraram verificar sua validade no estudo de cruzamentos de animais e plantas (MARTINS, 2002).

A partir de 1900 a genética teve um grande impulso. Lacadena (2000) cita três forças responsáveis pelo seu avanço: uma foi sua aplicação no melhoramento de animais e plantas; a segunda foi a aplicação da Genética na medicina convertendo os conhecimentos genéticos em benefício do ser humano; e a terceira foi fornecer esclarecimento sobre o fenômeno vida – sua essência, origem e evolução.

A teoria cromossômica desenvolvida entre o período de 1902-1915 trouxe maiores aprofundamentos nas questões da hereditariedade, sugerindo que

os fatores hereditários estariam presentes nos cromossomos. Em 1902 o norte-americano Walter Sutton e o alemão Theodor Boveri chamaram a atenção para o fato de que as regras de herança mendeliana são explicadas pelo comportamento dos cromossomos na meiose. Posteriormente Boveri demonstrou a individualidade dos cromossomos e em 1904 ele apresentou que os cromossomos mantêm esta individualidade durante a divisão celular. Ambas as características dos cromossomos são propriedades necessárias do material hereditário, assim as "partículas", "fatores" ou "caracteres" da hereditariedade estariam localizadas nos cromossomos (PORTIN, 2000; MARTINS, 2002).

Inicialmente a teoria cromossômica foi uma hipótese. Os caracteres hereditários se encontram nos cromossomos nucleares e os processos celulares poderiam explicar as leis de Mendel (MONTGOMERY, 1902, CORRENS, 1902, SUTTON, 1902a, WILSON, 1902, BOVERI, 1902 apud MARTINS, 1997). Contudo, antes mesmo, no século XIX, já havia menção dos cromossomos como veículo da hereditariedade em Wilhelm Roux (MARTINS, 1997), mas tal questão tomou força somente após a redescoberta dos trabalhos de Mendel em 1900, "a partir de então, surgiu o interesse de se determinar a natureza dos fatores mendelianos, ou seja, o que de fato representavam, de que eram constituídos, como agiam e onde se localizavam" (OLIVEIRA *et alli*, 2004, p. A05).

A hipótese cromossômica da herança de Sutton-Boveri (1900-1910) sintetizou três linhas de pesquisa 1) as investigações dos constituintes celular, a divisão celular e de reprodução sexual (microscópico); 2) estudo da fenomenologia da hereditariedade com intuito de descobrir as leis da herança (macroscópico); 3) desenvolvimento de modelos microscópicos para explicar os mecanismo de herança (MARTINS, 1997).

Willian Bateson foi o primeiro a divulgar na Inglaterra os trabalhos de Mendel e trouxe ampliações e modificações na teoria mendeliana O trabalho de Bateson e colaboradores em torno da teoria mendeliana é discutido em Martins (2002), em que se considera como o desenvolvimento de um programa de pesquisa.

Em 1902 Bateson publicou *Os princípios mendelianos da herança: uma defesa*, juntamente com a tradução dos trabalhos originais de Mendel sobre hibridação, defendendo a teoria mendeliana contra críticas, principalmente de Raphael Weldon. Foi ele que sugeriu o termo genética para a ciência da herança e

da variação. Também criou os termos homocigoto, heterocigoto, alelomorfo e epistático para explicar alguns fenômenos da teoria mendeliana, ou ainda para as ampliações e exceções indicadas pelos seus estudos (MARTINS, 2002).

Wilhelm Johannsen, em 1909, realizou grandes contribuições a constituição da genética clássica. Dentre elas, a introdução do termo "gene" para descrever a unidade mendeliana da hereditariedade; também utilizou os termos "genótipo" e "fenótipo" para diferenciar as características genéticas de um indivíduo de sua aparência externa respectivamente. Inicialmente estes conceitos foram propostos como entidades teóricas, sem compromissos citológicos, somente posteriormente, com a maturação da genética clássica, eles foram assim apropriados, como por exemplo na escola da *Drosophila* de T.H. Morgan por volta de 1915 (ROLL–HANSEN, 2005).

Seu experimento clássico sobre a seleção do feijão permitiu que desenvolvesse a Teoria das Linhas Puras observando que a seleção só era efetiva quando baseada em diferenças genéticas (ROLL–HANSEN, 2005). De acordo com Roll-Hansen (2005) a interpretação dada por muitos dos teóricos da área biológica como Ernest Mayr, F. B. Churchill, G. Allen e W. Provine, erroneamente não conseguem compreender a distinção dele dos biometristas.

Cabe lembrar que na investigação biológica experimental há três regras básicas, estas que se estendem a investigação genética: propor uma pergunta ou problema que se quer resolver, escolher material biológico para a realização do experimento e realizá-lo mediante técnica metodológica e instrumental adequada (LACADENA, 2000). Nesta perspectiva, Morgan (1910), desejando fazer pesquisas sobre a hereditariedade nos animais em laboratório escolheu uma material de estudo cuja criação fosse fácil e cuja reprodução fosse rápida, a forma de poder criar em pouco tempo, um grande número de gerações. Um material assim foi encontrado entre os insetos e Morgan escolheu a *Drosophila*.

Thomas Hunt Morgan e seus alunos, entre os quais se destacaram Alfred Sturtevant, Hermann Joseph Muller e Calvin Bridges demonstraram que, quando se estudavam caracteres simples (cor dos olhos, forma de asas, etc.) estes se transmitem segundo as leis de Mendel. Em outros casos esta situação não ocorre. Isto ocorre, segundo estes pesquisadores, em função de ligações entre genes localizados nos mesmos cromossomos (eram as ligações gênicas). Assim o

grupo de Morgan demonstrou cromossomicamente as leis Mendelianas, a teoria cromossômica da herança, as ligações gênicas e a recombinação, os cromossomos sexuais e a herança ligada ao sexo (MARTINS, 1997). Um dos problemas levantados pelos trabalhos de Mendel estava parcialmente resolvido, os genes estavam nos cromossomos (mais tarde se descobriram genes em mitocôndrias, cloroplastos e outros elementos citoplasmáticos).

Cabe ressaltar que até 1910, mesmo com desenvolvimento experimental e conceitual relativos às leis da herança, muitos geneticistas não apoiavam a hipótese cromossômica da herança. Mas, conforme descrito anteriormente, entre 1910-1915, uma série de estudos de hereditariedade coordenados por Morgan, com a mosca de frutas *Drosophila melanogaster*, apontou várias evidências favoráveis a hipótese, além disso, constituíram os primeiros “mapas” indicando a disposição linear e as distâncias relativas dos loci gênicos. Assim, em 1915 um livro foi publicado no qual foi apresentado um conjunto de evidências de forma unificada e bem argumentada a favor da hipótese (*The Mechanism of mendelian heredity* – Morgan, Sturtevant, Muller e Bridges), esta obra costuma ser citada como marco do estabelecimento da teoria cromossômica da hereditariedade (MARTINS, 1997).

Dentro da Teoria Cromossômica surgiram alguns modelos para buscar explicar como os genes eram transmitidos, uma vez estando contidos nos cromossomos. Contudo não se sabia o que compunham os genes e muito menos sua forma estrutural. O modelo proposto foi chamado de Modelo do colar de contas, posteriormente foram constatadas suas incoerências. Até 1915 é possível considerar a teoria cromossômica, mais como um programa de trabalho do que uma teoria propriamente pronta. A teoria cromossômica da hereditariedade apresenta a forma de transmissão dos genes (MARTINS, 1997).

De acordo com Maynard Smith (1984) as etapas de importância sobre a teoria cromossômica são as seguintes:

- cada cromossomo se replica, compondo duas fitas idênticas;
- os pares de cromossomos homólogos se juntam se tornando bivalente. Cada bivalente esta formado por quatro fitas similares;

- os dois membros de cada par se repelem entre si, mas se mantêm unidos em alguns pontos chamados quiasmas;
- se produzem duas divisões sucessivas de um núcleo sem uma posterior replicação dos cromossomos o que dá lugar a quatro núcleos, cada um dos quais contem um único jogo de cromossomos, estes são os núcleos gaméticos.

A teoria cromossômica assumia a proposições da teoria mendeliana de herança que requer que os fatores ou genes tenham as seguintes propriedades: 1) deve ser possível um número enorme de diferentes tipos de genes; 2) deve ter lugar um processo de replicação ou cópia exata de tal forma que ao dividir-se uma célula passem a cada célula filha um jogo idêntico de genes; 3) os genes devem de alguma forma influir no desenvolvimento (MAYNARD SMITH, 1984).

Mas os fatores ou genes são compostos do que – proteína ou DNA? Tal questão demonstra o problema da base química da hereditariedade, uma vez que nada se sabia sobre como os genes transmitiam as características às gerações de seres vivos, e de início a hipótese mais aceita era que o gene era constituído por proteína devido a configurações errôneas que se tinham sobre o DNA.

Durante muito anos o maior enigma da genética foi a aparente contradição entre a capacidade para uma duplicação exata que sugerisse certo toque de independência com respeito as mudanças produzidas na células e na capacidade de influenciar o desenvolvimento que requer uma intervenção ativa nas atividades químicas das células (MAYNARD SMITH, 1984).

Os estudos de Morgan e colaboradores conseguiram mapear vários dos genes presentes nos cromossomos capazes de originar características da *Drosophila*, tal como cor do olho, comprimento das asas, e em 1923 Felgen, a partir do método de coloração, constatou que a maioria do DNA existente na célula encontra-se no núcleo compondo os cromossomos, mas não foi possível comprovar que o material genético era constituído por ele (OLIVEIRA *et alli*, 2004).

Com relação a natureza química dos cromossomos já em 1888 Albrecht Kossel demonstrou que a nucleína de Miescher continha proteínas, mas também substâncias básicas ricas em nitrogênio. Assim identificou as cinco bases nitrogenadas e apresentou provas de uma pentose. Phoebus Aaron Theodor

Levene continuou este trabalho e em 1900 comprovou que a nucleína se encontra em todos os tipos de células animais. Mas em 1909, revisando o trabalho de Kossel, Levene apresentou que os ácidos nucléicos eram compostos por ácido fosfórico, uma pentose e as bases nitrogenadas (CLAROS, 2003).

Levene demonstrou que a pentose que compunha a nucleína da levedura era a ribose, mas só em 1929 identificou a desoxirribose nos animais. Levene trouxe grandes contribuições para a química dos ácidos nucléicos, apesar de inicialmente ter demonstrado que os cromossomos vegetais eram de RNA e os animais DNA. Já em 1926 ele propôs um modelo da conformação dos ácidos nucléicos – o plano tetranucleodideo. Seu modelo implicava que os ácidos nucléicos estavam formados em planos sobrepostos, constituídos por quatro pentosas que expunham as bases nitrogenadas (unidas por uma ligação de glucosídeo a pentose); as pentoses se unem por fosfatos através de ligação fosfodiéster. A partir desse modelo se supunha que os ácidos nucléicos eram moléculas monótonas, quase invariáveis, extremamente rígidas. Assim, foi descartado rapidamente que este tipo de molécula fosse capaz de transmitir informação genética e os pesquisadores passaram a centrar seus estudos nas proteínas como moléculas portadoras da herança. Esse equívoco consolidou-se em 1935 quando Dorothy Wrinch observou que a informação genética era linear, assim era necessária uma molécula linear para transmiti-la e não uma molécula cíclica invariável (os ácidos nucléicos) (CLAROS, 2003).

Um experimento que auxiliou a constatação de que os genes são compostos por DNA e não por proteínas, foi feito em 1928 por Griffith em que foi elaborado o conceito de ‘transformação’, mas tal experimento inicialmente não teve muito impacto, o fenômeno observado foi reconsiderado por Avery e colaboradores em um estudo publicado em 1944, sendo então corroborado (MAYNARD SMITH, 1984).

Em 1928, Griffith observou que, quando adicionava a uma cultura de *Pneumococcus* não virulento (sem cápsulas), uma suspensão de *Pneumococcus* Virulento (capsulados) morto pelo calor, a mistura tinha um efeito letal quando injetados em ratos, encontrando-se, nesses animais, *Pneumococcus* capsulados (virulentos). Alguma coisa passava dos microorganismos capsulados mortos pelo

calor para os não capsulados e os transformavam nos primeiros. Essa substância informacional não foi identificada por Griffith (SOLHA; SILVA, 2004; CLAROS, 2003).

Com o progresso da biofísica e da bioquímica tornou-se possível o fracionamento de várias estruturas celulares e o seu isolamento em condições fisiologicamente ativas. Estas estruturas são, por sua vez, constituídas por vários tipos de moléculas tais como proteínas, ácidos nucléicos, açúcares, lipídeos. Foi então possível descobrir qual a espécie molecular que compunha o “agente transformador” de Griffith (SOLHA; SILVA, 2004).

Avery, Mcleod e Mccarty (1944) identificaram quimicamente esse agente transformador como sendo um ácido nucléico do tipo desoxirribose e não uma proteína como se defendia. O DNA foi fortalecido como sendo a principal macromolécula informativa. Mas não totalmente aceito. Lacadena (2000) considera que este estudo marca um paradigma da Genética, uma vez que se identificou o material da hereditariedade. Tanto que é possível dividir a Genética em duas fases principais, antes do DNA e depois do DNA.

Hershey e Chase (1952) marcaram as proteínas e os ácidos nucléicos do bacteriófago T², com isótopos radioativos S³⁵ e P³² respectivamente. Em seguida estudaram o material injetado pelo bacteriófago na bactéria responsável pela sua modificação genética. Como resultado foi constatado que o material injetado era o DNA (tempos depois viram que era RNA) resolvendo a questão sobre qual molécula constitui os genes.

Mas como funcionavam estes genes? Esta questão começou a ser respondida por Beadle e Tatum (1941). Trabalhando com o fungo *Neurospora* estes pesquisadores demonstravam que os genes controlavam a síntese de enzimas e estas, por sua vez, controlam todas as reações químicas do organismo. A partir dos seus estudos formularam que os genes controlam a síntese das enzimas, e em particular que cada gene individual é responsável pela síntese de uma enzima. Era a o que se ficou conhecido como dogma central: um gene – uma enzima, hipótese que culminou com a visão clássica do gene que o reconhece como uma pequena unidade indivisível de transmissão, recombinação, mutação e função. C. Peter Oliver e Edward B. Lewis no início de 1940 completam a formulação do conceito de gene clássico ao observarem na drósfila o fenômeno de recombinação intragênica (PORTIN, 2000).

Estavam aparentemente resolvidas as questões propostas pelo trabalho mendeliano. O que era o gene? A unidade da transmissão hereditária. Do que é composto? De ácido nucléico (em geral DNA). Onde está localizado? Principalmente nos cromossomos. Como funciona? Controla a síntese de enzimas e, através delas, todas as reações químicas do organismo.

Em 1944 acontece a publicação de *O que É Vida?* No qual o austríaco Erwin Schrödinger sugere que as informações genéticas estão armazenadas numa estrutura molecular estável (um “cristal aperiódico”). O livro indica que as leis da física são inadequadas para explicar as propriedades do material genético e, em particular sua estabilidade durante inúmeras gerações.

O livro de Schrödinger foi uma tentativa de explicar a hereditariedade sem apelar as forças vitais já decadentes. Ele faz algumas suposições sobre como deveria ser a molécula do DNA, as quais exerceram influência, na época, estimulando a busca pelo “código da vida” nas posteriores tentativas da proposição da estrutura do DNA que até então era um mistério, embora já passava a ser conhecida os elementos e ligações que a constituía. Marcovich (2008) realiza apontamentos sobre esta contribuição.

Uma das descobertas fundamentais sobre a molécula de DNA foi feita por Erwin Chargaff que, em 1949, identifica, nos EUA, uma relação quantitativa entre as bases do DNA: a proporção (razão molar) entre adenina e timina é sempre igual, e o mesmo ocorre entre guanina e citosina, enquanto Linus Pauling e Robert Corey, em 1950, (identificam a estrutura molecular básica de proteínas (o modelo da alfa-hélice). Dois anos depois, eles propõem uma estrutura para o DNA que se mostraria equivocada, com três cadeias helicoidais entrelaçadas (o modelo da tripla hélice) (SOLHA; SILVA, 2004).

Na década de 1940, conforme conta James Watson, os melhores dias da *Drosophila* já estavam findos e muitos dos melhores geneticistas, entre eles Tracy Mor Sonneborn e Salvadore Luria, trabalhavam com microorganismos, Luria trabalhava com fagos 25 T² tentando identificar o tamanho do gene. Também neste grupo se encontrava Renato Dulbecco, que estudava a reativação da multiplicidade dos fagos mortos por raios ultravioletas. Max Delbrück era outro interessado na reativação como a chave mestra do funcionamento do gene. Sonneborn, por sua vez, trabalhando com as transformações antigênicas em *Paramecium* concluía que

existiam determinantes hereditários fora dos cromossomos (citoplasmáticos) (CLAROS, 2003).

Outro grupo era liderado por Seymour Stanley Cohen que, ao contrário da abordagem combinada entre a física e a genética proposta por Luria e Delbrück, queria que a bioquímica explicasse o gene. Nessa linha também estava Chargaff que já havia desvendado grande parte das questões químicas do DNA assim como A. E. Mirshy e Gerard R. Wyatt. Esses outros, separadamente, mediram as quantidades de bases do DNA e mostraram que as quantidades relativas dessas bases pareciam ser fixas para qualquer espécie.

Por essa época Dulbecco descobriu a fotorreativação de fagos inativados com UV e o casal Lederberg havia descoberto o fago λ na linhagem K₁₂ de *E. coli*. Foi nesse ambiente que se descobriu a reprodução sexuada em bactérias (CLAROS, 2003).

Nesse período a adenina marcada com carbono-14 havia sido sintetizada e iniciou-se uma nova abordagem interessada a estudar a reprodução dos fagos no laboratório Mac-lor na qual fazia parte James Watson.

Mas até então não se sabia qual era estrutura do DNA, conhecia-se seus elementos constituintes e a proporção entre as bases nitrogenadas. Told deu sua contribuição no início da década de 1950 ao estudar os nucleosídeos (base nitrogenada ligada quimicamente a açúcar) e concluir que a existência das ligações dos nucleosídeos aos fosfatos e que estavam orientadas no sentido 5' 3' (ligações fosfodiester) (CLAROS, 2003).

Assim questionam-se, quantas fitas poderia haver na hélice de DNA? Quais grupos estariam para o lado de dentro da estrutura? Caso as bases estivessem no interior, como elas estariam emparelhadas?

O reconhecimento da natureza molecular dos genes trouxe para o campo científico uma série de novas questões a respeito de sua replicação e modo de ação. Ficava cada vez mais evidente que se tratava de um processo complexo, com delicados mecanismos de regulação. Esta estrutura não era compatível com a ideia dos genes como “contas de um colar” da teoria cromossomal de herança.

Neste contexto teórico, foi quando Watson se juntou ao grupo de Perutz para pesquisar a estrutura do DNA do vírus de plantas. Crick pertencia ao

grupo de Perutz, desse encontro nasceu o famoso modelo da estrutura do DNA da dupla hélice. Lembrando-se que anteriormente outros modelos foram propostos.

Cabe, a esta altura, a reflexão de um problema fundamental a ser considerado, a estrutura do DNA. O rastreamento das questões citológicas e moleculares a respeito do gene foi, praticamente, a montagem experimental de um complicado quebra-cabeça molecular onde cada grupo de pesquisadores resolvia parte dele e, em seguida combinavam os resultados até 'desvendar' os segredos do gene. A estrutura do DNA, porém, não poderia ser resolvida com a montagem de um quebra-cabeça porque sua estrutura molecular não podia ser identificada por algum instrumento como o cromossomo é pelo microscópio. A estrutura "invisível" do DNA teria que ser "simulada" a partir da construção de um modelo pelos dados já obtidos pelos grupos que estudaram as propriedades químicas do DNA associadas com os dados obtidos das imagens experimentais produzidos por fotografias de raio X (BEADLE; BEADLE, 1973).

A construção do modelo de Watson e Crick teve os seguintes passos: em princípio sabia-se que o DNA consistia de uma longa cadeia em grupos açúcar (desossiribose) e fosfato alternados, ambos ligados entre si de modo regular, repetindo-se a mesma sequência fosfato-açúcar. Cada molécula de açúcar tem uma base presa a si, sendo que tal base pode ser de quatro tipos diferentes (duas delas purinas - adenina e guanina e duas pirimídicas - timina e citosina). As quantidades relativas das bases são sempre as mesmas. Nenhum desses dados, porém revelam a disposição espacial desses átomos na molécula (BEADLE; BEADLE, 1973).

Os estudos com raio X, mostraram que as moléculas estavam alinhadas lado a lado. Elucidaram também que diferentes espécies pareciam oferecer padrões de raio X idênticos. E por último que as repetições nos padrões cristalográficos ocorriam em intervalos muito maiores que as unidades químicas repetitivas na molécula. A distância de um fosfato para outro não poderia ser mais que 7Å e, no entanto a repetição cristalográfica dava-se a intervalos de 28 Å na forma cristalina e de 34 Å na forma paracristalina, isto é, a unidade química repetia-se diversas vezes antes que a estrutura se repetisse cristalograficamente. A resposta era: a cadeia poderia ser enrolada em hélice. A distância entre as repetições cristalográficas correspondiam então à distância na cadeia entre uma volta da hélice e a seguinte (BEADLE; BEADLE, 1973).

As duas cadeias que constituem o modelo estão enroladas em volta de um eixo comum e estão ligadas por suas bases. Uma base numa cadeia está unida por ligação muito fraca e uma base do mesmo nível na outra cadeia e todas as bases são emparelhadas desta forma, ao longo da estrutura. Deve haver uma grande base (púrica) e uma pequena (pirimídica) sendo presa por átomos de hidrogênio. Estava pronto o modelo (WATSON; CRICK, 1953).

O conceito de modelo, porém, exige pressupostos fundamentais. Primeiro ele deve ser construído a partir de dados consistentes produzindo uma coerência unificadora desses dados, é o modelo constituído a partir dos dados. Uma vez constituído, o modelo tem que possuir uma capacidade de previsão compatível com a questão do conhecimento que ele quer representar, ou seja, o DNA. Os dados que construíram o modelo eram consistentes, mas e sua previsibilidade? O que previa a estrutura do DNA, ou melhor, quais as propriedades do DNA em função de sua estrutura? Tais propriedades são: a duplicação do DNA, sua modificação (mutação) e o controle da síntese de proteínas. Como cada uma dessas propriedades pode se compatibilizar com o modelo proposto.

Como respeito a duplicação do DNA, os trabalhos de Matthew Meselson e Franklin Stahl em 1956 confirmavam que cada cadeia da dupla hélice do DNA serve de molde para uma cadeia nova produzindo assim dois DNAs cada um com uma cadeia velha (molde) e uma nova. É o modelo semiconservativo confirmativo, por John Cairns através de autorradiografia do cromossomo de *E. coli*, em 1962 e por Taylor em eucariontes em 1966 (BEADLE; BEADLE, 1973; CLAROS, 2003).

Com respeito a composição química cromossômica sabe-se que este é constituído por DNA e proteínas (histonas e proteínas ácidas) em sua maior parte. Encontram-se ainda pequenas quantidades de RNA. A coloração diferencial dos cromossomos indica dois tipos de cromatina: a eucromatina e a heterocromatina que coram em períodos diferentes a divisão celular. Mais tarde foi levantada a hipótese da heterocromatina estar associada aos genes reguladores e a eucromatina aos estruturais

Bárbara McClintock, ainda na década de 50, descobriu que os genes podem “saltar” de um cromossomo para outro, mas esses estudos foram melhor compreendidos apenas na final dos anos 70, com a descoberta do

translocon (genes que se movimentam nos procariotos e eucariotos) e da elaboração do conceito de translocon (a partir dos achados de McClintock), que são os “genes saltadores de cromossomos” e explicam a variabilidade dos anticorpos.

Acerca do controle da produção de proteínas a dupla hélice helicoidal necessitava de um (ou vários) elemento intermediário entre a mensagem contida no DNA e o produto final (proteínas), produzidas nos ribossomos (HOLMES, 2001). Os processos bioquímicos que envolviam a síntese dos intermediários (RNA) e do código molecular que elaborava a mensagem no DNA e a transcrevia no RNAm e a traduzia no RNAr foram elucidados por muitos pesquisadores, entre eles Uchoa, Cohens, Charles Yanofsky, Crick e muitos outros. Mas estas questões serão desenvolvidas na Biologia Molecular.

4.2.7 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOLOGIA MOLECULAR

A Biologia molecular é considerada uma nova disciplina (COUTINHO, 1998) ou, estritamente falando, um jeito novo de se olhar para como os organismos mantêm e transmitem as informações. Representa um encontro entre a bioquímica e a genética. Ambas com o objeto claramente definidos, o gene para a genética e as enzimas e proteínas para a bioquímica (MORANGE, 2000), assim a Biologia Molecular encontra-se na fronteira entre a biologia, a química e a física (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

Segundo Morange (2000) é difícil identificar a história da biologia molecular, mas é relativamente fácil de descrever o espaço que a revolução molecular ocupa. As novas ferramentas para analisar os fenômenos biológicos foram forjados entre 1940-1965. O controle operacional dessas ferramentas foi obtido entre 1972-1980. Foram abertas grandes possibilidades de ação e intervenção na engenharia genética.

De acordo com Waizbort e Solha (2007), o marco inicial da Biologia molecular se deu quando, em 1912, foi desenvolvida a técnica de análise de moléculas por raios-X, por dois físicos, William Henry Bragg e Lawrence Bragg. Esta técnica permitiu a análise das estruturas das moléculas que compõem os

organismos, fornecendo a posição de cada átomo. Contudo esse período ficou restrito ao trabalho dos físicos estruturais.

Claros (2003) apresenta William Astbury como sendo considerado o marco do nascimento da biologia molecular como disciplina independente em 1945. O termo “Biologia Molecular” foi proposto em 1938 por Warren Weaver, sendo que Astbury foi o primeiro biólogo a se autodenominar como biólogo molecular, após apresentar a primeira cátedra de Estrutura Biomolecular.

Coutinho (1998), por sua vez, cita alguns dos protagonistas do surgimento do campo, agora com físicos vinculados com preocupações biológicas, como Max Delbrück, Luria, Alfred Hershey que formavam o grupo chamado por “grupo do fago”. Este grupo tinha preocupações consideradas marginais dentro do campo da genética, por vezes sendo excluídos da comunidade acadêmica.

Delbrück em 1937 transferiu-se para a Caltech, mas não foi absorvido pela escola de Morgan ou mesmo pela própria instituição. Assim logo em seguida, por sugestão de Luria, ele assume os cursos de verão de Cold Spring Harbor, como uma tática para atrair pesquisadores para a linha de pesquisa dos dois. Este passo é considerado decisivo na fundação da Biologia Molecular, uma vez que foi a primeira instância em que se divulgou seu novo objeto – o material hereditário. Com o tempo reuniões que não eram oficiais se oficializaram a partir de 1947 (COUTINHO, 1998).

Delbrück neste período recebeu importantes ofertas de trabalho e foi dirigir um Instituto de Biofísica em Manchester, voltando a Caltech reconhecido, agora como professor de biologia. O campo já estava tendo êxito. George Beadle recém adepto da nova proposta molecular tornou-se chefe da divisão de biologia da Caltech, com objetivo de mudar o foco prioritário da instituição da citogenética para biologia química ou genética molecular. Com o tempo, Delbrück contrata um bioquímico para fazer parte de sua equipe. O final dessa fase de separação da biologia molecular se configura, quando em 1953 o modelo da estrutura do DNA é divulgado, havendo a abertura de um campo novo (COUTINHO, 1998).

De acordo com Claros (2003) o aparecimento, em 1959, do *Journal of Molecular Biology* sob direção de Sydney Brenner na Universidade de Cambridge, supostamente confirma a biologia molecular como uma área de investigação independente.

Os estudos de Delbrück em 1938 são reconhecidos como o iniciador do que se chamou de “escola funcionalista” da biologia molecular. Seus membros supunham que a física receberia contribuições da biologia. O foco principal dessa escola era a informação genética, as bases físicas do armazenamento da informação. A noção de “gene molecular clássico” recebeu influência do “*grupo dos fagos*” (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

O grupo desenvolveu o sistema fago hospedeiro produzindo um modelo de organismo experimental para a genética. Contudo não tiveram muito êxito, pois não resolveram o problema que se propuseram – a descoberta da estrutura responsável pela hereditariedade. Isto se deu, pois se concentravam na ideia de que as proteínas eram o material genético viral. Quando Hershey e Chase concluíram que o genoma do fago é o DNA encerra-se esta fase para dar lugar a “fase dogmática” na qual estariam envolvidos Francis Crick, Maurice Wilkins, James Watson e Rosalind Franklin (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

Segundo Silva (2001), o dogma central define o paradigma da biologia molecular, em que a informação é perpetuada através da replicação do DNA e é traduzida através de dois processos: a transcrição que converte a informação do DNA em uma forma mais acessível (uma fita de RNA complementar); e através da tradução que converte a informação contida no RNA em proteínas.

O conceito de “gene molecular clássico” que emerge dessa fase dogmática procura conciliar uma unidade estrutural de DNA (uma sequência específica de DNA) com uma unidade funcional no organismo (uma proteína) (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

O interesse pela estrutura das moléculas deu origem também ao que se chamou de “escola estruturalista”. Esta utilizou dos extratos celulares como primeiras fontes passíveis de análise. Também se apropriou de instrumentos da física e da química para a purificação, determinação da composição e organização das macromoléculas, como a cromatografia, eletroforese, centrifugação, uso dos radioisótopos, etc. (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

Um grande problema da linha de pensamento funcionalista era a questão de como os genes começavam e paravam de funcionar. Sabia-se que todas as células de um organismo vinham de uma única célula mãe, o ovo. E, no entanto

elas se diferenciavam se tornando especializados, alguns genes pareciam funcionar enquanto outros eram “desligados”.

A compreensão da estrutura e função do DNA foi aprofundada com a descoberta do Cístron por Seymour Benzer em 1955. Um Cístron é uma divisão do gene considerado a menor parte do DNA capaz de ser transcrito integralmente numa molécula de RNA. O cístron é um sinônimo de gene, mas este termo deveria somente ser usado quando se baseia no teste ou evidência bioquímica cis-trans. A partir desta descoberta a teoria um gene-uma enzima pode ser vista como um cístron-um polipeptídeo (PORTIN, 2000)

Benzer chamou de récon a menor unidade do DNA capaz de sofrer uma recombinação e a menor unidade do DNA capaz de sofrer mutações de muton. Ele também chamou a atenção na correspondência entre a estrutura linear interna do cístron e a estrutura da molécula do DNA. Isso foi demonstrado por Watson e Crick em 1953. E por outros estudos experimentais (PORTIN, 2000).

Na segunda metade da década de 1950 a estrutura do DNA e os mecanismos de replicação, transcrição e tradução já começavam a ser melhores esclarecidos. Em 1956 Arthur Kornberg e colaboradores apresentam, numa conferência sobre as bases químicas da herança na Universidade de John Hopkins, a síntese *in vitro* do DNA a partir da identificação dos componentes e enzimas participantes do processo de replicação. Mas ainda não sabiam explicar muitas perguntas, tais como se havia correspondência entre o DNA sintético e o DNA natural. No entanto, alguns anos depois estas questões foram resolvidas, com trabalhos de Julius Adler, Sylvie Kornberg e Stephen B. Zimmermann, onde se identificou identidade entre as estruturas químicas do DNA sintético e do natural. Sem contar também com o desenvolvimento de técnicas que aprimoraram a síntese de DNA sintético, tal como a desenvolvida por John Jose, A. Dale Kaiser e A. Kornberg em 1959 para determinar a frequência relativa dos nucleotídeos; e a duplicação de genes com uma atividade biológica comprovável com o DNA do vírus Φ X174 em 1964 (KORNBERG, 1968).

Com relação aos mecanismos de síntese protéica, Brenner, Jacob e Meselson (1961) apresentam um experimento que dão suporte a hipótese de que um tipo de RNA (o RNA mensageiro, ou mRNA) leva a informação genética "inscrita" na dupla hélice para a maquinaria celular que produz proteínas.

A partir desse período o conceito clássico do gene, iniciado com Mendel (fatores) e elaborado nas primeiras décadas do século XX que o considerava como a unidade de síntese protéica, de recombinação e de mutação, passou a ser pensando a luz da modernidade, considerando a unidade de síntese como o Cístron, de recombinação como a récon e de mutação como o muton. O gene assim se tornou muito mais complexo, cheio de subdivisão, a semelhança do átomo. Essa visão neoclássica do gene culminou na teoria que afirmava que um gene ou cístron controla a síntese de uma molécula de RNAm que controla a atividade de síntese de um polipeptídeo (PORTIN, 2000).

Nirenberg e Matthaei (1961) anunciam a comprovação experimental de que uma sequência de bases específica uma sequência de aminoácidos e revela o conteúdo da primeira "palavra" do chamado código genético (três bases uracila correspondem ao aminoácido fenilalanina). Em 1966, grupos de pesquisadores liderados por Marshall Nirenberg e pelo indiano Har Gobind Khorana 'decifram', com outros pesquisadores dos EUA, da Inglaterra e da França, a série completa de "palavras" do código genético.

Jacob e Monod (1961), trabalhando com mutantes de sistemas simples (*E. coli*), concluíram que existem estruturas (que produzem proteínas), genes reguladores (que produzem substâncias ativadoras ou inibidoras) e genes operadores (que recebem as substâncias reguladoras e ativas ou reprimem ou reprimem os genes estruturais). Era um grande passo para o entendimento da regulação gênica e esse modelo foi denominado Operon. Este modelo explica muitos fenômenos biológicos, incluindo a diferenciação celular e o câncer, todavia, inicialmente ele foi muito criticado por biólogos e filósofos, tendo seu poder de explanação completamente reconhecido tornando-se "moda" nas décadas de 1970 e 1980 (MORANGE, 2005).

Roy J. Britten e Eric H. Davidson, em 1969, construíram um modelo teórico para eucariontes baseado no modelo do Operon, consideraram a participação de hormônios de vários cromossomos, de heterocromatina e de DNA repetitivo e identificaram quatro tipos de genes: sensores, integradores, promotores e estruturais. O modelo embora muito complexo foi apenas o início de um conjunto de tentativas para se explicar a regulação em eucariontes. De acordo com Morange

(2005) este modelo foi considerado por muitos, como mais atrativo do que o modelo operon.

Técnicas subsequentes como a hibridação do DNA, a avaliação quantitativa do DNA no cromossomo e outros completam o quadro do avanço técnico no estudo dos cromossomos.

4.2.8 A TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

Com o avanço das ciências experimentais, em particular, a genética, estabeleceu-se um intenso debate no final do século XIX e primeiras décadas do século XX sobre a natureza das mudanças evolutivas e a transmissão dos caracteres (ARAÚJO, 2001).

Do ponto de vista da genética clássica, as características do indivíduo são passadas pelos genes, e sofrem transformações espontâneas – as mutações. Estas podem se expressar em características do organismo, tornando-o diferente dos demais do grupo. As características assim determinadas aparecem na população numa distribuição populacional do tipo discreta. Esta era uma boa explicação para o aparecimento de indivíduos diferentes em qualquer população. E o grupo de pesquisadores que assim argumentava eram os mendelianos ou mutacionistas, liderados por DeVries.

Acontece que há caracteres nas populações que apresentam uma distribuição contínua e não discreta. Os estudos dessas características só podiam ser desenvolvidos através de modelos matemáticos e, por isso, esses pesquisadores foram conhecidos como populacionistas matemáticos e estudavam os parâmetros que identificavam esses tipos de populações.

Um dos primeiros a se interessar pela herança de caracteres cuja a distribuição numa população tinha características contínuas foi Galton (como apresentado no capítulo anterior). Cabe aqui realizar um parêntese para caracterizar a teoria da Eugenia de Galton no início do século XX. Ela desempenhou um papel importante na defesa do determinismo, que serviu de base científica para legitimar o racismo, as diferenças de classes e o colonialismo. Os instrumentos do programa

eugênico se estenderam por toda a Europa, inclusive sustentando teoricamente o nazismo na década de 1930 (GUTIÉRREZ et alli, 2002).

No novo continente ela também teve importantes impactos. Os EUA foram o país de maior abrangência, inclusive chegaram legalizar seus fundamentos, principalmente em 1907, quando houve grande imigração negra e o aumento da pobreza. Em 1931 havia nos EUA em torno de setenta mil pessoas que foram esterilizados para não transmitirem as supostas características indesejadas. O estado da Virginia teve uma lei de esterilização em vigência de 1924 até 1972. Na América Latina, nas primeiras décadas do século, alguns movimentos eugênicos se expressaram. No Brasil, em 1918, Renato Kehl fundou a Sociedade Eugênica de São Paulo. A Argentina, o Peru e o México são outros países que também tiveram defensores institucionalizados. Estas sociedades enfocaram os aspectos eugênicos com relação as questões raciais; a grande variabilidade racial no caso da latinoamérica, tanto pelos aspectos culturais como de posição étnica, em que os eugenistas se empenhavam em manter os esquemas europeus, orientar e desenvolver a dominância branca, já que esta era reconhecida como contendo os valores desejados (GUTIÉRREZ et alli, 2002).

Mas, em relação a suas contribuições relevantes para a Biologia, Galton foi o primeiro a propor a analisar o mundo orgânico estatisticamente, e ainda no final do século XIX, sustentou trabalhos de grupos de evolucionistas chamados de biometristas. Em 1900 publica-se a revista *Biometrika* como meio oficial para os debates dos biometristas (DEL CONT, 2008, GUTIÉRREZ et alli, 2002), para os seus fundadores havia a impossibilidade de estudar os problemas de raças e espécies e propor uma solução utilizando-se dos métodos qualitativos predominantes na época (GUTIÉRREZ et alli, 2002),

Neste mesmo tempo as leis de hereditariedade Mendel são redescobertas (como já comentado). Assim, outro grupo se forma e, diferentemente dos biometristas, sustentavam uma hereditariedade descontínua, na qual somente dois fatores dos pais eram transmitidos e não de seus ancestrais mais remotos (DEL CONT, 2008, GUTIÉRREZ et alli, 2002).

Uma grande diferença entre os mendelistas e os biometristas era a forma com que ambos os grupos enxergavam a transmissão das características hereditárias. Os primeiros a viam pelos genes que se comportavam de acordo com

as leis mendelianas. Os segundos entendiam a hereditariedade a partir das explicações resultantes de modificações feitas por Person à “teoria da herança ancestral” de Galton; assim, a entendiam como um caso especial da *homotipose* onde os *homotipos* (partes do corpo) estariam relacionados entre si, mas com isomorfismo incompleto (MARTINS, 2007).

A crítica dos Biometristas foi deflagrada aos mendelistas quando Raphael Weldon publicou um artigo em 1902, discutindo a proposta e a metodologia empregadas por Mendel, assim como a interpretação e modificações acrescentadas por Bateson (MARTINS, 2007). Dessa forma, esses dois grupos passam a desenvolver trabalhos diferentes, com preocupações distintas e acusações mútuas. Os biometristas em torno de Karl Pearson e Raphael Weldon (1860-1906), e os mendelianos tendo como seu principal combatente William Bateson (1861-1926) (DEL CONT, 2008; MARTINS, 2007). Esse debate trouxe grandes contribuições para a teoria da evolução (CARTER, 1959).

Os trabalhos dos biometristas foram corroborados por Johanssen em 1903, 1905 e 1909 (JOHANNSEN, 1911) que mediu o peso das sementes de uma variedade anã de feijoeiro, distribuiu os resultados encontrados numa tabela elaborada a partir dos intervalos de peso por ele estabelecidos (tabela de intervalos) e, em seguida, ao passar esses dados para a representação gráfica, encontrou uma curva de distribuição muito próximo à curva normal, da estatística. À essas linhagens, Johanssen denominou linhagens puras. E, por mais que fossem selecionados feijão de diferentes pesos, a progênie de cada um apresentava, por auto-fecundação, novamente a curva normal, tendo o mesmo valor médio.

Foram estudados dezenove linhas puras que apresentavam pesos médios e intervalos extremos próprios. Cruzando entre si tais linhagens para relacionar feijão mais pesados com o intuito de obter uma linhagem pura mais pesada, obtinha-se apenas um aumento no valor do peso do feijão até o valor em que este equivalia ao da linha pura mais pesada sendo impossível ultrapassar este valor. Dessa forma caracterizou-se uma diferença entre a variação em função de fatores hereditários e aquela provocada por valores do ambiente.

Finalmente os conhecimentos da genética tiveram uma aplicação prática para os criadores a respeito do melhoramento de animais e plantas. Os animais escolhidos para procriação não deveriam ser aqueles que se

apresentassem fenotipicamente os mais favoráveis (mais fortes, resistentes, etc.) e sim aqueles que era geneticamente os melhores.

Por outro lado, esses caracteres que apresentavam uma gama contínua de variação poderiam, segundo Bateson e Saunders (1902), ser determinados por um grande número de genes. A hipótese dos fatores múltiplos foi consubstanciada por Yule (1906), Nilsson-Ehle (1908) e Shull (1910) com o descobrimento do vigor híbrido. Estes foram alguns dos primeiros cientistas a estabelecer uma estrutura teórica da herança dos caracteres métricos. A genética de um caráter métrico, dessa forma, somente podia ser estudada a nível de sua variação. A quantidade de variação, por sua vez, se mede e se expressa pela variância.

Yule (1902), por sua vez, acreditava que os alelos dominantes aumentariam na população. Castle (1903) mostrou que sem seleção, a frequência genotípica se mantinha estável. Pearson (1903) encontrou um equilíbrio entre alelos com valores de $p = q = 0.5$.

Hardy (1908) e Weinberg (1908) chegaram, separadamente, numa fórmula matemática que sintetizava todo o comportamento de dois alelos numa população. É a lei de Hardy e Wienberg que foi elaborada em 1908 e cujo anunciado é: numa grande população de acasalamento ao acaso (panmixia) as frequências gênicas e genotípicas são constantes de geração para geração. Assim se a frequência do alelo dominante é denominada de p e do recessivo é q , então matematicamente quando o alelo dominante aparecer em homozigose (p e AA) então teremos $p \times p = p^2$. O mesmo ocorre para o recessivo (aa)= $q \times q = q^2$. Os heterozigotos serão Aa e aA ou seja $pq + qp$, então $2pq$. Notou que a lei de Mendel explica que $Aa \times Aa = AA, Aa, aA, aa$ ou seja $AA, 2Aa, aa$ o que quer dizer $p^2 + 2pq + q^2 = (p + q)^2 = 1$. Pode-se assim completar o enunciado anterior acrescentando que tais frequências obedecerão sempre o binômio de Newton. É claro desde que todas as condições matemáticas da população sejam satisfeitas, ou seja, que os cruzamentos ocorram ao acaso, que o tamanho da população tenda a infinito, que não haja seleção, migração ou oscilação genética. Para os alelos múltiplos ou aqueles ligados ao sexo, a equação também pode ser utilizada.

Fisher (1915) foi o primeiro a decompor a variância fenotípica de um caráter numa população em variância genotípica e ambiental. De acordo com

Araujo (2001) e Rosário (2009) uma grande contribuição de Fisher à genética foi apresentada num artigo *The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance* (FISHER, 1918), onde realizou uma fusão entre as duas vertentes, Mendelistas e Biometristas. Fisher propôs um modelo genético no qual a variação contínua entre caracteres poderia ser o resultado da herança Mendeliana, substituindo, pois, a teoria da hereditariedade dos biometristas. Isto forneceu as bases da genética biométrica ou genética quantitativa.

Fisher (1918) fez também o primeiro uso do termo variância, no qual foram definidos os conceitos de variância aditiva, de dominância e de epistasia. Mais tarde Haldane (1946), Kempthorne (1954), Cockerhem (1954) e outros decomporam a variância genotípica em aditiva, dominante e interação e, ainda acrescentaram a equação geral, a correlação genótipo-meio ambiente representada pela fórmula $2 COV G E$.

Em seu livro, de 1930, *The Genetical Theory of Natural Selection*, Fisher faz uma síntese de seus trabalhos e reafirma a reconciliação entre Mendelistas e Biometristas.

Wright (1921) e Harlan e Pope (1922) introduziram o conceito de herdabilidade nos conhecimentos genéticos da época. Esta herdabilidade expressa a confiança do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo e corresponde à regressão do valor reprodutivo sobre o fenótipo ou a regressão da progênie sobre o progenitor médio. Ela pode ser dividida em herdabilidade no sentido amplo, quando se considera a variância genotípica sobre a fenotípica; e restrita, quando, em lugar da variância genotípica total considera apenas a variância aditiva. A herdabilidade corresponde também a uma regressão da progênie sobre o pai ou a mãe (descontando os efeitos maternos) ou a correlação entre meios-irmãos. Por outro lado os ambientes mais uniformes a hibridação e a mutação podem aumentar a herdabilidade enquanto que a endo-cruzamento pode reduzi-la. Outra questão é que a herdabilidade de uma única geração pode não ser a mesma em gerações sucessivas.

As equações matemáticas que explicaram as variâncias fenotípica e ambiental, o conceito de herdabilidade, de ganho genético dirigido por uma seleção natural ou provocada, favoreceram a construção de uma explicação genética acerca da evolução, a partir dos estudos de variações quantitativas nas populações.

Conrad Waddington, em 1942, introduziu o termo epigenética com o propósito de expressar as interações causais entre genes e seus produtos para o aparecimento do fenótipo (WADDINGTON, 1942a).

Assim, por meio dos trabalhos de R. Fisher, J.B. Haldane e S. Wright e outros, foi se configurando a genética de populações, a qual compatibilizou o mendelismo e o darwinismo por um modelo de explicação que satisfazia os métodos das tradições mendelianas e biométrica (PELAYO, 2009).

Durante as primeiras décadas do século houve, portanto, encarniçada discussão entre os populacionistas matemáticos (biometristas) e os mutacionista (mendelianos) experimentalistas, a respeito do papel da genética (recém constituída) na evolução (recém aceita). Mais tarde percebeu-se que as rivalidades eram, na verdade, complementares e sustentaram a síntese da teoria evolutiva (GUITIÉRREZ *et alli*, 2002) a qual tem nas publicações de Dobzhansky, Mayr, Simpson e Huxley, a consolidação da síntese (PELAYO, 2009).

A partir de 1927, Theodosius Dobzhansky passa a reunir a tradição naturalista (vinda da zoologia e da botânica) e a experimentalista, realizando uma importante síntese nos estudos das populações naturais, aproximando-as do método experimental. Em 1937 ele publica o livro *Genetics and the origin of species*, possibilitando o acesso de novas ideias aos biólogos de diferentes áreas, pois transformou as expressões matemáticas dos grandes teóricos da genética de populações (Wright, Fisher, Haldane) em uma linguagem acessível aos biólogos (ARAÚJO, 2001; RECIO, 2005).

Dobszansky é reconhecido como um pilares da síntese evolutiva, este livro e outros trabalhos tiveram importante papel, sendo que, duas foram suas principais contribuições: a investigação de populações naturais, analisando a evolução enquanto ocorria; e o uso do método experimental para testar as teorias de evolução (ARAÚJO, 2001). Assim, como afirma Recio (2005), Dobszansky forneceu um marco consistente dos processos elementares da evolução e os princípios direcionadores da especiação. Além de orientar o darwinismo para a aceitação de um conceito de seleção natural construída pelo desenvolvimento da genética, levando em conta, também, avanços da ecologia e da biogeografia.

Cabe ressaltar os outros importantes pesquisadores que juntamente com Dobszansky são reconhecidos como a tríade da síntese evolutiva (RECIO,

2005). Ambos participaram juntos do Círculo de Nova York, peça central para a construção conceitual e institucional da síntese. O zoólogo Ernest Mayr, em 1942 publica *A sistemática e a evolução da espécie*, no qual ele avança nas tradicionais descrições das trajetórias evolutivas, questionando os mecanismos de especiação, enfatizando os aspectos biogeográficos (SOLAR; CASENAVE, 2005); e o paleontólogo George Gaylord Simpson que publicou, em 1944, *Tempo and Mode in Evolution*, onde ele se propôs aplicar o modelo de evolução desenvolvidos às teorias paleontológicas. Além destes, é importante citar também Julian Huxley que publica em 1942 o livro *Evolução, a nova síntese* (RECIO, 2005).

Uma das principais preocupações originadas do encontro entre mendelianos, biometristas e naturalistas foi a busca de uma explicação para o fenômeno da seleção onde houvesse a participação de todas as tendências. A partir daí Hazel e Lush (1942) e Hazel (1943) dividiram os métodos de seleção em três tipos principais: a seleção em série, seleção de eliminação independente e índice de seleção. O primeiro caso é aquele no qual se selecionam um por um os caracteres dos animais em questão. Este tipo de seleção tem as desvantagens do tempo gasto e a falta de conhecimento das correlações entre os caracteres. O segundo caso é aquele no qual se estabelecem valores para determinados caracteres e o animal que não apresentar tais valores será eliminado. A grande desvantagem deste método é que pode não selecionar ótimos animais para alguns caracteres porque alguns outros caracteres não foram atingidos por uma pequena distância. No último caso se estabelecem valores mínimos para alguns caracteres. Valores estes escolhidos segundo critérios a serem discutidos nas respostas posteriores. Por ser mais racional dos métodos não manifestando as desvantagens anteriores e utilizando dados científicos tais como correlações e herdabilidade, este é pois o melhor método.

Mather (1953) dividiu os processos seletivos em três categorias: a seleção direcional, a estabilizadora e a disruptiva. O primeiro tipo de seleção favorece indivíduos existentes em uma das extremidades da curva de distribuição dos caracteres na população, deslocando a média para a direita ou para a esquerda. Esta alteração se dá por pressão seletiva natural ou artificial. No caso da seleção natural a direcionalidade se faz presente durante alterações ambientais que favorecem genes anteriormente mais raros.

A seleção estabilizadora favorece os indivíduos próximos da média da curva de distribuição normal da população. É na natureza que tal tipo de seleção se manifesta com maior frequência relativamente uniformes. Waddington (1942b) distinguiu dois tipos de seleção estabilizadora: a normalizadora, que destrói os indivíduos prejudiciais à população (mutantes, malformados, etc) e a canalizadora que favorece genótipos que controlam sistemas de desenvolvimento altamente canalizados, homogeneizando os fenótipos.

O último tipo de seleção, a disruptiva, é o oposto da estabilizadora. Ela ocorre quando, em uma população, há mais de um valor seletivamente ótimo e os indivíduos favorecidos pela seleção se localizam nas extremidades da curva de distribuição promovendo uma descontinuidade na variação fenotípica. Este tipo de seleção proporciona o aparecimento de polimorfismos e, conseqüentemente, possibilita o aparecimento de novas raças e espécies.

Por outro lado, Dobzhansky (1946) designou vários tipos de processos relativos sob o nome de seleção balanceada. Seu aspecto comum é a presença constante em uma população, de dois ou mais alelos de alguns genes ou de variantes de estruturas cromossômicas, cuja frequência está, mais ou menos, fixada pela seleção.

A genética de populações resultante desse processo histórico constituiu-se num núcleo fundamental para a sustentação da teoria evolucionária. Posteriormente, outras áreas da biologia (a sistemática e taxonomia, a paleontologia, a geologia, a zoologia e botânica), integraram-se à esta, tornando-a a teoria sintética da evolução (ASTORGA, 2001)

A formação de novas espécies, principal questão formulada pela teoria da evolução, passou a ter um novo tratamento. A novidade era a presença da genética na evolução. Surgiram os conceitos de anagênese (transformação gradual de uma espécie em outra) e cladogênese (pela divisão de uma espécie em duas). Aos poucos foram identificados os modos principais de especiação: o alopátrico (com isolamento geográfico), simpátrico (sem isolamento geográfico), parapátrico (não há isolamento geográfico completo) e peripátrico (populações muito pequenas sujeitas à pressões da seleção menos comuns ou fatores aleatórios). Ela pode também ocorrer artificialmente, através de cruzamentos selecionados ou da

tecnologia do DNA recombinante. A frequência de cada uma destas formas de especiação, no entanto, ainda é alvo de controvérsias entre os especialistas.

Também controverso foi (e ainda é) o entendimento sobre a questão da forma com que este evento ocorreu ao longo do tempo geológico. A visão mais convencional é que o número de episódios de especiação se apresenta de forma constante ao longo do tempo. Uma visão menos convencional é a teoria dos equilíbrios pontuados proposta por Niles Eldredge e Stephen Jay Gould, a qual sugere que as espécies se formam em curtos períodos de tempo após longos períodos de estabilidade das populações originais (GOULD, 1987).

Na nova perspectiva, a especiação se inicia quando uma subpopulação, por algum dos processos acima citados, tem uma modificação de sua frequência gênica em relação à população original. O acúmulo dessas modificações gerado por mutações cumulativas, características da população (como tamanho, composição inicial, resposta a um tipo específico de seleção) e diferenciações do ambiente, ao longo do tempo podem favorecer o aparecimento de uma nova espécie.

A formação de uma nova espécie passa por algum tipo de isolamento reprodutivo. Se assim não o fosse, o simples encontro desta com sua população de origem, rapidamente, restauraria o equilíbrio gênico original e as espécies voltariam a ser apenas uma. Assim, deve haver um isolamento e este pode se apresentar antes ou depois da fecundação. O primeiro é denominado de isolamento reprodutivo pré-zigótico (ecológico, etológico, anatômico e fisiológico). O segundo é, pois, pós-zigótico (inviabilidade ou esterilidade da progênie).

Por outro lado, embora o estudo das espécies seja uma das preocupações fundamentais da biologia, não há um consenso quanto à uma definição precisa do que seria uma espécie. Há, sim, uma série de conceitos diferentes para defini-la. Em 1963 Mayr apresenta o seu conceito de espécie, a partir da definição daqueles historicamente anteriores, o conceito tipológico (espécies são tipos morfológicos); e o nominalista (espécies são construções mentais para tipos particulares). O conceito biológico de Mayr é, classicamente definido como: “espécies são agrupamentos de populações naturais, inter cruzantes, reprodutivamente isoladas de outros grupos com as mesmas características” (MAYR, 1977, p.13).

Na década de 1960, porém, com o avanço das técnicas moleculares e com o consequente estudo das moléculas na genética de populações e na evolução, uma nova questão inquietou os pesquisadores. A imensa variedade genética encontrada nas populações de todas as espécies é resultado da seleção natural (e, portanto, tem importância adaptativa), ou pode ser mantida nas populações sem apresentar valor adaptativo qualquer (sendo assim, considerados neutros). Esta discussão se tornou acirrada no início da década seguinte.

A partir da teoria sintética da evolução, a classificação biológica sofreu importantes modificações (AMORIM, 2002). Em sistemática os objetos das classificações são os indivíduos. As classes são denominadas de táxons. As definições de classes correspondem aos caracteres biológicos compartilhados. As classificações biológicas são, assim, um depósito de informações, uma fonte sintética de informações sobre a ordem que nós somos capazes de perceber a diversidade biológica, um sistema geral de referências.

Conforme o autor, as escolas taxonômicas ao longo do tempo se dividem em: escola Lineana, escola Catalogatória, escola Fenética, sistemática Gradista e a Sistemática Filogenética. A Escola Lineana, como já foi discutido, data do século XVIII e foi apresentada por Linnaeus. Fundamenta-se na lógica aristotélica e na visão do mundo de Aristóteles, ou seja, existem essências e estas podem ser compartilhadas por duas ou mais espécies. Assim, reunir espécies em táxons significa indicar a existência de uma essência compartilhada entre elas (essencialismo).

A Escola Catalogatória cataloga espécies sem conexão obrigatória com os processos que geram a diversidade de organismos e de suas características. A Escola Fenética foi inaugurada pelo trabalho de Michener & Sokal (1957). Ela dá tratamento numérico a matizes de dados produzindo diagramas ramificados – fenogramas – em que a reunião ou separação de táxons se faz com base na semelhança média dos caracteres apresentados na matiz dos dados. Conforme Amorim (2002), analisando uma classificação fenética não é possível determinar *a priori* que tipo de semelhança existe entre os grupos. A Escola Gradista é baseada em uma visão abrangente da história evolutiva de um grupo e não em uma classificação baseada no parentesco. O conceito mais importante nesta escola é o grau evolutivo, ou grado que expressa as características

adaptativas (habitat, nicho, comportamento, alimentação, reprodução) de um grupo estudado em relação a outros que apresentam características semelhantes (MAYR, 1974). A Sistemática Filogenética foi elaborada por Henning (1966) e teve seu impacto no início da década seguinte.

4.2.9 UMA BREVE HISTÓRIA DA ETOLOGIA

O comportamento é como uma pata, um chifre ou um dente, ele se presta a uma finalidade do animal que o usa da mesma forma que estas estruturas morfológicas e, portanto, deve ser, assim como elas, sujeito à seleção natural. Este é o pressuposto da etologia. Lorenz (1973) explica que este é um ramo da ciência que consiste na aplicação da teoria darwiniana ao estudo do comportamento animal. Compara, pois, o estudo do comportamento ao estudo zoológico das homologias morfológicas dos animais e do método comparativo usado por tais estudos para esclarecer a descendência comum de tais animais e, conseqüentemente, sua evolução, algo que até então não vinha sendo feito.

Seguindo o exemplo dos zoólogos, que há muito tempo vêm empregando o método comparativo, os estudiosos do comportamento animal responderam algumas importantes questões, tais como a ocorrência de comportamentos típicos das espécies que possuíam as mesmas características predominantemente encontradas nas análises morfológicas comparativas dos taxonomistas. Esses comportamentos característicos de cada espécie, assim como as estruturas morfológicas, conferiam um valor adaptativo aos indivíduos que os exibiam e, portanto, estavam sujeitos a pressão da seleção. Sendo assim, tais comportamentos espécie-específicos eram altamente repetitivos (estereotipados) e, possivelmente, bastante determinados por fatores hereditários (LORENZ, 1958).

Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, na França, em 1859, usa a palavra etologia de uma forma bastante informal para se referir a uma extensa classificação da biologia associada ao estudo dos animais como os organismos vivos em seu ambiente natural. Porém este termo perde visibilidade e em 1870 o biólogo Sornborne passa a utilizá-lo com mais frequência para designar os estudos sobre um

organismo vivo no seu habitat imediato. Durante os primeiros anos do século XX, o uso do termo é restrito para o estudo do comportamento animal em seu ambiente natural marcando uma diferença com a psicologia comparativa e, especialmente, com o clássico estudos comportamentais enfatizando o aprendizado em condições controladas de laboratório como era desenvolvido nos Estados Unidos (MORENO; MUÑOZ-DELGADO, 2007).

Considerados os precursores da etologia moderna (segundo EIBESFELDT, 1974) foram além de Darwin (1872); Charles Otis Whitman (1899-1919); Oskar Heinroth (1911) e Wallace Craig (1919). A estes Moreno e Muñoz-Delgado (2007) adiciona William Morton Wheeler sendo ele, possivelmente, o primeiro autor inglês a utilizar o termo etologia em seu sentido atual. Wheeler, em 1923, fez observações importantes sobre o comportamento dos insetos e seus mecanismos de evolução.

Whitman (1859- 1919) procurou elaborar uma árvore genealógica dos pombos, ao mesmo tempo, Heinroth (1911) estudava a filogenia das aves aquática. Como filogenistas ambos procuraram desenvolver pormenorizadamente as relações entre famílias e espécies de pássaros. Para definir um dado grupo era necessário encontrar seus traços homólogos: as semelhanças entre espécies que prenunciam uma origem comum. Ambos, independentemente, chegaram a uma importante descoberta, o comportamento, assim como a forma e a estrutura corpórea, apresenta traços homólogos. Como Whitman colocou há um século “instintos e órgãos devem ser estudados do ponto de vista comum de descendência filética”.

Algumas vezes, esses traços de comportamento são comuns a grupos maiores do que patos e pombos. O hábito de coçar-se com o membro anterior passando em cima de um dianteiro é comum na maioria dos répteis, aves e mamíferos. Este padrão motor foi descoberto por Heinroth em 1930 (LORENZ, 1966). Ele notou também que enquanto a maioria das espécies de pássaros conservava a técnica “inadequada” de coçarem-se por cima do ombro, algumas outras perderam este traço de comportamento, tais como os papagaios maiores. Heinroth denominou tais comportamentos de impulsos próprios da espécie.

Craig (1918) foi o primeiro a diferenciar o comportamento específico de busca de um estímulo desencadeado, que chamou de comportamento apetitivo

do padrão consumatório estereotipado, o comportamento consumatório. O autor observou que o primeiro tipo de comportamento é variável. O animal tem que superar os obstáculos que os separam de seu objetivo como, por exemplo, uma raposa, que disposta a caçar se aproxima de um galinheiro conhecido. Uma vez que tenha encontrado o estímulo desencadeador, se disparam os padrões fixos de alcançar a presa. A presença deste comportamento não somente troca a situação do estímulo desencadeador como também tem um efeito de reorientação. Por isso se fala do ato consumatório liberador do impulso.

Muito embora os autores anteriormente citados tenham sido considerados os precursores da etologia, Eisbesfeldt (1974) fala de um quinto autor que, mais modernamente, aparece como um colaborador estimável no estudo comparado do comportamento. É Jacob Johann von Uexküll, que, em 1921, investigou as relações entre os organismos e seu meio ambiente e demonstrou que um animal percebe, com seus órgãos sensoriais, apenas uma parte limitada do meio que o rodeia. Algumas dessas propriedades do ambiente percebidas lhe servem de sinal. Segundo o autor, somente têm sinais aqueles objetos que têm importância para a vida do animal. A aparição de um objeto portador de sinal no campo de percepção de um sujeito tem sempre um efeito que confere um significado funcional ao portador do sinal. O significado funcional extingue sempre o sinal, pois, com ele se extingue a ação. O sinal pode extinguir-se objetivamente, quando se trata de alimento que é consumido, ou subjetivamente, quando se apresenta a sociedade, como a inibição do “filtro” do órgão sensorial. Tão rapidamente como o significado funcional do objeto extingue seu sinal, se fecha o ciclo funcional que parte do objeto e, passando pelo sujeito, volta de novo ao objeto.

O autor ilustra este esquema do ciclo funcional com o exemplo de um carrapato. As fêmeas fecundadas sobem pelos arbustos e esperam que passe um mamífero. Quando sentem o ácido butírico segregado pelas glândulas cutâneas dos mamíferos, se deixam cair. Se caem sobre algo quente buscam uma área sem pelos, introduzem sua cabeça na pele e chupam o sangue até se saciarem. Porém, observou-se em experimentos com membranas sintéticas que sugam qualquer tipo de líquido quente. Se introduzirmos o esquema do ciclo funcional com o carrapato como sujeito e o mamífero como objeto, reconhecemos três ciclos funcionais que transcorrem um após o outro, de acordo com um plano. As glândulas cutâneas do

mamífero constituem os portadores do sinal do primeiro ciclo já que o estímulo do ácido butírico desencadeia nos órgãos receptores, sinais olfativos. Os processos que se desenvolvem no receptor central induzem (não se sabe como) certos impulsos no efeito central. Ao cair o carrapato toca um pelo do mamífero e lhe confere um significado funcional de contato, que, por sua vez, liberam um sinal tátil que extingue o sinal olfativo do ácido butírico. O novo sinal provoca a busca de um local sem pelos, no qual se extingue o sinal tátil e, um novo sinal, o calor, provoca a perfuração da pele da vítima, com a cabeça (EISBESFELDT, 1974).

Após estes precursores, aqueles que são hoje considerados os fundadores da moderna etologia foram K. Von Frisch, K. Lorenz e N. Tinbergen. Em 1914, Von Frisch já havia decifrado parte do vocabulário das abelhas utilizando técnicas unicamente de observação em campo. Suas técnicas influenciaram Tinbergen que inicialmente aplicou os métodos de Von Frisch em seus primeiros estudos sobre vespa buraqueira (EVANS, 1979).

Segundo Tinbergen (EVANS, 1979) Von Frisch era um homem de campo e sua abordagem era tipicamente biológica. “Ele começou daquilo que nós chamamos de pergunta funcional: para que serve isso?”. Lorenz, ao contrário, era um observador que procurava perceber padrões em tudo aquilo que encontrava. Não era enfim um homem de campo. Dizia frequentemente que o que ele mais precisava era de experimentadores que pudessem testar suas ideias.

Estas observações iniciais de Tinbergen servem para esclarecer parcialmente o papel que cada um teve na elaboração inicial da moderna etologia. Lorenz reconheceu a espontaneidade que havia na base dos movimentos “instintivos”, uma particularidade fisiológica de grande transcendência que havia sido esquecida pelos reflexologistas clássicos. Investigou que estímulos chaves desencadeavam um determinado comportamento antes de qualquer experiência e estudou a filogenia e ontogenia dos padrões inatos do comportamento. Na conjunção do instinto e do treinamento encontrou uma nova forma de integração do inato e do adquirido e, no fenômeno de “*imprinting*” descobriu uma disposição inata ao aprendizado (EVANS, 1979).

Já Tinbergen era bem mais do campo ou, melhor, das montanhas e das praias, porque foi nesses lugares que ele e seu grupo descreveram inúmeros comportamentos de gaivotas e andorinha-do-mar, associados à defesa de território,

reprodução, ataque a predadores, apaziguamento, etc. Tinbergen também contribuiu, de forma decisiva para o estudo da ontogenia e filogenia do comportamento e elaborou as perguntas clássicas que caracterizam a abordagem etológica do comportamento: (1) para que serve o comportamento (função); (2) quais os órgãos envolvidos na execução do comportamento (morfologia); (3) quando o animal exibe tal comportamento (ontogenia) e (4) quando o comportamento aparece na escala evolutiva (filogenia) (EVANS, 1979).

Lorenz e Tinbergen (1938) estudaram o movimento dos gansos quando fazem rodar seus ovos. Esses autores descobriram que muitas aves que aninham no chão, recolhem os ovos que escorregam para fora do ninho de forma bastante estereotipada. Mesmo se o ovo original for substituído por um ovo gigante. Esse padrão fixo de ação tem uma eficiência razoável para um ganso, graças a sua forma de bico, mas, não para as aves de bicos mais estreitos. No entanto, também essas espécies apresentam este tipo fixo de ação. Estas observações identificaram, a repetitividade e a perenidade de um comportamento mediante um mesmo estímulo que, uma vez desencadeado, não podia ser detido, mesmo na ausência do estímulo (caso de retirasse o ovo o animal continuava com o comportamento de recolher o ovo, no vazio). A partir desta observação muitas pesquisas sobre este tipo de comportamento fixo, foram desenvolvidas por estes dois pesquisadores.

Lorenz (1937) foi o primeiro a desenvolver a ideia de que essas características, na realidade, evoluíram especificamente para provocar as respostas. Ele as chamou de liberadores e assinalou que o liberador e a resposta do animal que o “recebe” adaptam-se mutuamente no decorrer da evolução. Eles constituem um sistema de sinalização que, em muitos casos, chegou a caracterizar uma linguagem primitiva, na qual o efeito do liberador é acentuado por um movimento de exibição. Assim, formulou a hipótese de que um mecanismo especial é responsável pela filtração de estímulos e sugeriu o nome de Mecanismo Liberador Inato (MLI). Tinbergen (1951) o definiu como “um mecanismo neurossensorial especial que libera a reação e é responsável pela suscetibilidade seletiva (de reação) a uma combinação muito especial de estímulos-sinais.

Tinbergen (1951) relata uma série de experimentos que demonstram como estes estímulos externos afetam o comportamento. Um trabalho clássico descrito é aquele sobre os estímulos-sinais aos quais um peixe *Gasterostens*

aculeatus responde durante seu ciclo reprodutivo. Um conjunto de modelos imitando peixes, profundamente grosseiros, foram usados em teste de agressão. As imitações grosseiras pintadas de vermelho na parte inferior provocaram mais ataque do que o modelo exato que não tinham cor vermelha. A conclusão dessa observação é que para se desenvolver o comportamento agressivo nessas espécies a barriga vermelha é o mais importante.

Para Lorenz (1958) os trabalhos da escola de Tinbergen mostraram que tais traços são altamente resistentes às modificações evolucionárias mesmo quando sua função tenha sofrido considerável alteração. Essas conclusões, para o autor, justificam a ideia de que os padrões inatos são o esqueleto do comportamento.

Durante as décadas seguintes, muitos pesquisadores procuraram encontrar os padrões gerais do comportamento animal. A ideia dos padrões fixos de ação, a teoria do sinal, as ideias do estímulo supra normal, do modelo psicohidráulico, a teoria da agressão inata, em suma toda a construção teórica da etologia apontava para isso (CUNHA, 1983). Assim, uma avalanche de pesquisadores do comportamento animal saiu à procura de uma base comportamental entre os animais como é o código genético para todas as células.

Os procedimentos mais comuns usados na Etologia eram: a observação participante, a camuflagem, a observação instrumental (as máquinas fotográficas, os gravadores e filmadoras ocultas), e a coleta de dados indiretos (HUTT; HUTT, 1970).

Conforme esses mesmos autores, foram desenvolvidas uma série de técnicas capazes de aumentar a segurança da observação, aumentando, também, a aproximação entre o que foi descrito pela observação e o que, de fato, aconteceu. Assim, para se usar a observação, em princípio, é preciso o apoio teórico vindo da área a qual pertence o estudo que oferecerá a estrutura científica necessária para se delimitar o campo de observação. Uma vez delimitado o campo de estudo, a tarefa pode ser dificultada quando a presença do observador modifica o fenômeno que se busca observar (estudos de comportamento, por exemplo). Assim são necessários procedimentos especiais para evitar ou atenuar essas modificações.

Pode-se considerar um observador como um aparelho de medidas, um teste, uma prova. Assim, tal aparelho deve apresentar confiabilidade. Há dois tipos principais: sensibilidade e precisão. O primeiro é definido como a habilidade de se detectar pequenas diferenças. O segundo é habilidade de medir a mesma coisa (consistência). Pode-se dividir ainda em: Confiabilidade intra observados - problemas que ocorrem com o observador (cansaço, aprendizado, etc). Confiabilidade inter observador - problemas que ocorrem em vários observadores coletando os mesmo dados. Nesse caso se há uma alta correlação entre dois observadores significa que eles concordam entre si acerca de coleta de dados, mas não quer dizer que haverá confiabilidade de ambos sobre o tempo da observação. Assim, o mais indicado é fazer um teste de confiabilidade tanto entre os observadores como em cada observador ao longo do tempo (HUTT; HUTT, 1970).

É preciso ainda, que a observação tenha validade. Esta ideia envolve o conceito de validade internal e external. A primeira é definida como a capacidade de habilidade lógica em fazer inferências a partir do trabalho obtido, a segunda é definida como a capacidade de se fazer generalização acerca dos resultados do trabalho. A validade refere-se à verdade, ao passo que a confiabilidade refere-se à precisão, etc. Pode-se haver validade se não houver confiabilidade, mas para demonstrar validade científica é preciso confiabilidade. A validade pode, ainda, apresentar vários tipos, são estes: validade aparente (é aquela obviamente representada, infelizmente é muito personalista); validade por critério (é quando a validade traz consigo um prognóstico e uma retrospectiva, por exemplo, notas escolares como medida de habilidades criativas); validade construtiva (é a validade que correlaciona vários elementos entre si, por exemplo, ansiedade, associada com sudorese). Estas técnicas não se prestam somente à etologia, mas sim à todas as partes da biologia que fazem uso da observação como forma de coleta de dados (HUTT; HUTT, 1970).

O etograma, o sociograma, a matriz de interações e as técnicas de correlação eram as principais formas de descrição, organização e tratamento dos dados (DEAG, 1980).

Na década de 1950, esta nova visão acabou levando a uma generalização muito ampla, onde alguns etólogos acabaram por reduzir todas as espécies animais a organismos dependentes de sinais que desencadeiam padrões

fixos de ação, caso sua energia específica de ação favoreça a resposta. Tal padrão pode sofrer a interferência de um estímulo supra normal ou pode, através de situação de conflito, apresentar um comportamento deslocado e exibir um outro, todos eles, importantes para a manutenção da espécie, selecionados pelo ambiente e geneticamente controlados. O aprendizado, por sua vez, segundo os etólogos, estava associado, principalmente, à modulação dos padrões fixos de ação. Para alguns pesquisadores mais radicais a verdadeira importância para a sobrevivência de um animal ou de uma espécie estava na fixidez dos comportamentos e sua plasticidade era um apêndice dessa fixidez. A síntese principal dessa visão é relatada em Eibl-Eibesfeldt (1974).

O caráter taxonômico do comportamento, apresentado como uma estrutura semelhante à morfológica ou fisiológica pelos etólogos clássicos, é incontestável. Mas justamente porque a visão evolutiva produz uma árvore filogenética com inúmeras ramificações, também são inúmeras as ramificações produzidas pelos componentes das espécies que a compõem. Sustentar um único padrão para tanta variação é difícil. Cada grupo tem seu modo de copular, de caçar, de se defender, de interagir socialmente, etc. (NASCIMENTO JÚNIOR, 1983a).

Com estas preocupações, a partir de 1960, parte da etologia passou a trabalhar lado a lado com a ecologia e dinâmica de populações. Contemporânea dessa etologia social foram a sociobiologia e a sociodemografia (NASCIMENTO JÚNIOR, 1987).

Além disso, a partir desta década, a disputa teórica entre a psicologia comparativa e etólogos foi finalmente superada graças à intervenção de alguns pesquisadores do comportamento animal que consideraram que as abordagens e as teorias de ambas as escolas são necessárias e complementares para a compreensão do comportamento (MORENO; MUÑOZ-DELGADO, 2007).

Robert A. Hinde, publica em 1966 um livro intitulado: *Comportamento Animal - A síntese da etologia e psicologia comparada*, manifestando o seu interesse em rever a área onde a psicologia, fisiologia e etologia se sobrepõem. Hinde considera desvantajosa estabelecer uma distinção rígida entre os interesses dos estas três disciplinas, uma vez que vários benefícios podem ser obtidos a partir do "casamento" entre o ponto de vista etológico e a análise

experimental detalhada realizada pelos psicólogos, por exemplo, no domínio da aprendizagem (MORENO; MUÑOZ-DELGADO, 2007).

4.2.10 O NASCIMENTO DA ECOLOGIA

Em 1895, Eugen Warming (1841-1924), em sua obra: *Ecologia das Plantas* tornou-se o primeiro pesquisador a relacionar os estudos de vegetação a uma distribuição espacial baseada em causas geográficas e físicas específicas. A partir de procedimentos sistemáticos, o autor procurou evitar os trabalhos apenas cronológicos, característicos dos estudos biogeográficos da época, procurando as bases biológicas dos processos de distribuição nas comunidades vegetais. E assim, nasceu a ecologia, um ramo da biologia com estatuto, metodologia e linguagem própria e uma teoria central (ACOT, 1990).

É interessante se ater ao fato de que, segundo Matagne (2003), Eugen Warming, adota a teoria da adaptação direta de Lamarck como princípio. Traz, pois, consigo, segundo o autor francês, a influência dos viajantes geógrafos botânicos.

H. C. Cowles, em 1899, publicou *As relações ecológicas da vegetação nos bancos de dunas* onde descreve os fatores ecológicos de maior e menor importância na comunidade, considerando-a uma sociedade de plantas e identifica no complexo de duna, diferentes comunidades. Raymond Pearl e J. Loowell Redd (1920), A. J. Lotka (1925), e Vito Volterra (1926) desenvolveram as bases matemáticas para o estudo das populações. Na década de 1920, August Thienemann elaborou o conceito de níveis tróficos, pelos quais a energia dos alimentos é transferida das plantas verdes (produtoras) aos vários níveis de animais (consumidores) (THIENEMANN, 1939). Em 1927, C. S. Elton, avançou nessa abordagem com o conceito de nichos ecológicos e pirâmides de números (ODUM, 1959). E. Birge e C. Juday, na década de 1930 desenvolveram a ideia da produção primária, isto é, a proporção na qual a energia é gerada, ou fixada, pela fotossíntese.

No início e em meados do século XX, a escola europeia de ecologia vegetal tinha preocupações diferentes daquela formada nos Estados Unidos. Os primeiros tinham uma preocupação mais estrutural das comunidades vegetais, buscando conhecer sua composição e distribuição. Os segundos, coerentes com a tradição funcionalista americana, procuravam entender como essas comunidades funcionavam. Ou seja, o seu desenvolvimento. A ecologia animal e a vegetal inicialmente, se desenvolveram separadamente. Somente, a partir de 1930, pesquisadores como Hesse e E. Birge e C. Juday, na década de 1940 contribuíram para a elaboração de conceitos fundamentais para a unificação de uma Ecologia Geral (MARGALEF, 1986).

Arthur Tansley (1935) desenvolveu a teoria do policlímax. Trabalhou também com o conceito de equilíbrio dinâmico e considerava a comunidade quase igual a um organismo. Foi Tansley quem sugeriu o termo ecossistema que seria o conjunto dos organismos e dos fatores inorgânicos entendidos como um sistema. Elaborado como um modelo teórico seria a unidade fundamental da natureza, ultrapassando o conceito de espécie como unidade de sobrevivência, e, substituindo-o pelo conjunto-de-organismos-em-seu-meio-ambiente.

Clements (1936) (1874-1945) apresenta o conceito de clímax e sucessão ecológica, a teoria de monoclímax (em oposição à teoria do policlímax) e a ideia de que a comunidade é semelhante a um organismo complexo. R. L. Lindeman (1942) desenvolveu o conceito trófico-dinâmico de ecologia discutindo a dinâmica trófica, a transferência de energia, a produtividade e a eficiência biológica no desenvolvimento do ecossistema. J. D. Ovington (1965) trabalhou também com o ciclo dos nutrientes utilizando-se de novas técnicas (radioisótopos, microcalorimetria, computação e matemática aplicada) capazes de rastrear as moléculas dentro dos ecossistemas.

Scudo e Ziegler (1978) denominam o período de 1920 a 1940 de era dourada da ecologia teórica, quando os ecólogos procuravam teorias e leis a partir de modelos matemáticos originados da física e da química. Tais modelos procuram a generalização sem grande preocupação com a testabilidade e as escalas aplicação (GRIMM, 1994).

Durante as décadas de 1940 a 1960, estes modelos se esforçaram em encontrar uma relação entre as inúmeras informações obtidas pelos estudos de

casos, desenvolvidos pelos ecólogos para a compreensão dos sistemas ecológicos, e a simplificação da realidade envolvida nos processos da construção de leis gerais. Não o conseguiram (GHILAROV, 2001). E, assim, no final da década de 1960 os modelos começaram a ser elaborados a partir de padrões e derivados de observações reais. Grimm (1994) denomina modelagem 'orientada por padrões', pois sua elaboração é iniciada a partir de algum padrão observável na natureza. Esta forma de modelagem tem capacidade de generalização limitada, mas, alto poder preditivo.

Mas, e o homem? Como discuti-lo dentro da perspectiva ecológica? Nas décadas de 1920 e 1930, em Chicago, um grupo de sociólogos norte-americanos liderados por Robert E. Park, Ernest W. Burgess e R. D. Mackenzie (PERSON, 1970) tinham a convicção de que era preciso aplicar ao estudo das comunidades humanas o esquema teórico da ecologia vegetal e animal. Este grupo procurou aplicar, então, os conceitos ecológicos – sucessão, invasão, simbiose, etc., na análise de questões sócio-econômicas da cidade com a intenção de desenvolver modelos explicativos para a maioria dos fenômenos urbanos estudados pela sociologia. Assim, foi elaborada uma ecologia humana cujos referenciais teóricos e práticos eram muito semelhantes à ecologia convencional. Era o nascimento da Escola de Chicago.

Os sociólogos da Escola de Chicago iniciaram suas pesquisas a partir das observações feitas a respeito das condições ecológicas nas cidades, envolvendo-se nas relações do homem com o seu ambiente e suas implicações na sociedade. Porém, suas análises foram feitas excluindo os conflitos das diferentes classes sociais. Assim a fundamentação teórica da Ecologia Humana, foi desenvolvida a partir das concepções trazidas da Biologia, principalmente, pela teoria da evolução e seleção natural das espécies com base na competição entre espécies (BARBOSA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2006).

Estes autores explicam que a Escola de Chicago se caracterizou, principalmente, por dois aspectos: o primeiro, voltado para as características comportamentais, partindo-se da interação humana e da distribuição demográfica da população na cidade, tendo como influência os fatores behavioristas na explicação dos padrões espaciais. O segundo, dando ênfase no pós-guerra à visão sistêmica dos ajustamentos da sociedade ao meio ambiente, fruto da competição

econômica existente. A ecologia humana, foi, desta forma, identificada como positivista.

O modelo inferido pelos sociólogos da Escola de Chicago marcou a Ecologia Humana com as seguintes proposições: primeiro, em considerar a cidade como uma unidade organizada externamente ao espaço, onde a disputa existente é produto dos impulsos biogênicos não relacionados aos fenômenos sociais e ambientes construídos; segundo, em considerar a organização espacial ligada aos efeitos da interação social determinada por forças darwinianas (BARBOSA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2006).

Essas teorias, no entanto, foram criticadas pelo seu abuso de analogias biológicas, ecologizando as relações sociais, aproximando-as de uma explicação determinista que poderia servir como justificativa de uma determinada ordem social dos problemas urbanos (CAPEL; URTEGA, 1984). Esta tentativa de ecologização da sociologia foi, de fato, uma experiência não bem sucedida no olhar da maioria dos sociólogos das épocas subsequentes (BARBOSA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2006).

Em 1939, Carl Troll, biólogo e geógrafo (PORTO, 2007), estudando paisagens por meio de fotografias aéreas com a finalidade de solucionar questões de uso da terra, elaborou o termo Ecologia da Paisagem. Tal atitude visava, segundo Naveh e Lieberman (1984) uma aproximação entre a Ecologia e a Geografia combinando as técnicas de ambas as ciências: da primeira ele buscou a prática de estudo do ecótipo, ou seja, das interações funcionais (a observação vertical), enquanto que, na segunda a intenção era o exame da interação espacial dos fenômenos (a observação horizontal).

Essa abordagem, conforme Metzger (2001), teve grande influência da geografia humana, da fitossociologia e da biogeografia e da arquitetura. Era uma preocupação nascida da necessidade do planejamento da ocupação territorial da região. Para tanto, segundo o autor, ela partia do conhecimento dos limites e das potencialidades de uso econômico de cada espaço de terreno com características comuns, a unidade da paisagem. Era, pois, um estudo de paisagens modificadas pelo homem, predominantes no espaço europeu. A ecologia de paisagens enfocava questões em macro-escalas, espaciais e temporais, se caracterizando como uma macroecologia.

Sobre este prisma, as preocupações que orientaram esta área foram as interrelações do homem com o seu espaço e as soluções de problemas ambientais gerados por esta relação (NAVEH; LIEBERMAN, 1984). Desta forma, a ecologia de paisagens, pode ser definida, durante este período, como uma disciplina holística, integradora de ciências sociais, geofísicas e biológicas, visando, a compreensão global da paisagem (essencialmente “cultural”) e o ordenamento territorial (METZGER, 2001).

As contribuições de MacArthur (1961, 1965), Hutchinson (1978) e Pianka (1978), que se basearam na teoria de Darwin e nos processos de herança genética em indivíduos, mais recentemente inauguraram a ecologia evolutiva. O enfoque dedutivo, matemático e sua ênfase na seleção natural diferem este ramo da ecologia clássica. Seu objeto de estudo consiste em estudar recursos, parceiros sexuais e história de vida e sua relação com o território ocupado.

O modelo de explicação do forrageio ótimo, formulado por MacArthur e Pianka (1966) e Emlen (1966) foi, nesta nova perspectiva, uma das teorias mais relevantes do período. Para esses autores, diferentes fenótipos apresentam diferentes habilidades para conseguir o alimento. Desta forma, o animal que conseguir o alimento da maneira mais “econômica”, considerando-se uma dada “moeda de troca” (geralmente energia), será favorecido pela seleção natural.

4.2.11 UMA BREVE HISTÓRIA DA BIOGEOGRAFIA

O estudo da distribuição dos seres vivos pelo globo terrestre, inicialmente, se concentrou nas preocupações vindas dos viajantes do século XIX. Estas preocupações (segundo MEDINA *et alli*, 2001) se caracterizavam por trabalhar com grupos individuais, considerando que são os organismos que se dispersam sobre uma geografia estável, daí foi denominada Dispersionista. Uma biogeografia preocupada na identificação das regiões de distribuição dos seres vivos no globo terrestre e baseada na ideia de centros de origem dos seres vivos, conforme pensavam estes primeiros viajantes.

É possível compreender que esta escola se desenvolveu em dois momentos. O primeiro, descritivo, com o propósito de descrever as províncias florísticas e faunísticas. O segundo, mais analítico, que se utiliza das Teorias da Evolução e da Ecologia, como base de explicação da distribuição geográfica; buscando esclarecer a evolução geográfica dos agrupamentos faunísticos/florísticos. Neste grupo encontram-se os neodarwinistas.

Enquanto os biogeógrafos procuravam explicar a distribuição dos seres vivos no planeta através dos mecanismos de dispersão, os geólogos estavam às voltas com seus duzentos anos de dados acumulados e desprovidos de uma teoria que os unificassem. A herança do século anterior trazia a ideia de que a Terra se originou de uma massa em fusão que, ao solidificarem-se, os materiais mais leves haviam se reunido na superfície e os mais pesados depositados no fundo. No centro, se localizava um núcleo metálico mais denso. Quando a crosta terrestre se solidificou, seu enrugamento formou as montanhas (CELINO *et alli*, 2003).

No ano de 1912 no Encontro da Sociedade Geológica de Frankfurt, o geólogo Alfred Wegener apresentou a Hipótese da Deriva Continental para a comunidade científica, publicando-a, em 1915, em seu livro *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (A Origem dos Continentes e Oceanos). A ideia essencial era a existência de um super continente, A Pangea que na era secundária (entre 260 a 65 milhões de anos) dividiu-se em dois grandes blocos, que começaram a mover-se. Este movimento foi denominado pelo autor de deslocamento horizontal dos continentes, mais tarde chamado de deriva continental. Estes movimentos poderiam ser verticais e horizontais dependendo da força que atuasse sobre eles. Estes blocos eram os supercontinentes Gondwana, e Laurasia. O primeiro compreendia a América do Sul, Antártida, Austrália e África. O segundo a Europa, a Ásia e a América do Norte (AMADOR, 2009).

Esta teoria explicava a origem das cadeias montanhosas e, mais tarde, contribuiria de maneira decisiva para a explicação da distribuição das espécies no planeta. Ela foi alvo, porém, de inúmeras críticas dos geólogos e geofísicos da época que recusavam seus cálculos e sua nova concepção (CELINO *et alli*, 2003), sendo necessário esperar 40 anos para o retorno desta controvérsia e para que estas concepções fossem aceitas (AMADOR, 2009). Segundo a autora, a elaboração de cartas topográficas precisas dos fundos oceânicos; o estudo do

paleomagnetismo das rochas e as investigações do geólogo Arthur Holmes (1890-1965) sobre a existência de movimentos de convecção no interior da Terra forneceram uma série de dados para a aceitação desta teoria a partir das décadas de 50 e 60 do século passado.

A evolução desta controvérsia conduziu à formulação da teoria tectônica de placas. A litosfera oceânica produzida nas cristas médio-oceânicas é gradualmente arrastada para a periferia dos oceanos, acabando por ser reabsorvida nas zonas de subdução. Por outro lado, a litosfera continental, menos densa que a oceânica, é arrastada passivamente pelo movimento desta última (AMADOR, 2009). Atualmente, o mecanismo que permite a mobilidade dos continentes continua a ser alvo de investigação, mas a controvérsia já se encontra totalmente superada.

Enquanto os geólogos e geofísicos relutavam em aceitar as novas ideias da deriva continental e da teoria das placas tectônicas, os biogeógrafos também enfrentavam controvérsias internas. Croizat (1964), crítico e criticado pelas abordagens dos neodarwinistas, propôs uma segunda teoria sobre o problema da distribuição das espécies. Ele rejeitou a ideia de centro de origem das espécies e relativizou o conceito de dispersão ou de emigração. Sua proposta é a vicariância na diferenciação geográfica e multiplicação das espécies. Este mecanismo se caracteriza por separar populações da mesma espécie através de barreiras, obstruindo o fluxo gênico entre elas. Estas sub-populações vão acumulando diferenças até que, com tempo suficiente, se separem totalmente, levando a especiação (COLACINO, 1997). Esta nova maneira de pensar a distribuição dos seres no planeta foi denominada Panbiogeografia.

Seu método parte do traçado individual como unidade básica do estudo, sendo este uma linha que conecta as diferentes regiões onde se encontra uma espécie ou táxon. Quando um grande número de traçados individuais coincide em sua trajetória ocorre um traçado generalizado. Este resultado, (segundo CROIZAT, 1964), indica a ocorrência de um processo de distribuição de táxons diferente daquele explicado pela dispersão, onde conjuntos de espécies de distribuição geográfica semelhante possuem uma causa em comum, a vicariância. Esta representa o processo causal primário, enquanto a dispersão é um fenômeno secundário (CROIZAT *et alli*, 1974).

MacArthur e Wilson (1963) produziram uma teoria, a Biogeografia de Ilhas para explicar o que eles consideravam as três características básicas das biotas insulares: (1) o tamanho da ilha é proporcional ao número de espécies; (2) o número de espécies é o inverso da distância da ilha para o continente ou outra fonte de espécies, e; (3) o número de espécies permanece relativamente constante, embora a composição de espécies muda continuamente por causa das frequentes recolonizações e extinções. Diante disso, MacArthur e Wilson (1963) concluíram que o número de espécies existentes em uma ilha expressa um equilíbrio entre taxa de colonização e de extinção.

Os autores entenderam que o tamanho de uma ilha afetaria apenas a velocidade de extinção de espécies. Ou seja, a velocidade de extinção deve ser maior em uma pequena ilha do que numa de tamanho maior. Por outro lado, a distância entre uma ilha e uma fonte de espécies afeta apenas a velocidade de colonização. Ou seja, há uma relação com a dispersão de organismos, pois o aumento da largura da barreira diminui a possibilidade de dispersão. A construção do modelo levando em consideração estes resultados prediz que o equilíbrio de ilhas próximas deve ter mais espécies e maior velocidade de mudança do que de ilhas distantes (MACARTHUR; WILSON, 1963 e 1967).

4.3 AS TRÊS ÚLTIMAS DÉCADAS DO SÉCULO XX

Fiel à perspectiva de apresentar um cenário, palco de questões que permitiram ou consolidaram algumas novas áreas que caracterizam a Biologia no século XX, o objetivo da discussão do período é delinear o caminho seguido por aquelas que foram identificadas como estruturantes do conhecimento biológico.

Dessa forma, continua-se observando o desenvolvimento técnico e tecnológico da Fisiologia, da Bioquímica, da Biologia Celular, da Farmacologia; da Genética. A Biologia Molecular, por sua vez, considerada uma confluência entre as preocupações genéticas e bioquímicas, com importantes contribuições de físicos e químicos no estudo do material hereditário no início do século, é uma das áreas de maior atenção da biologia a partir da apresentação do modelo da estrutura do DNA,

que permitiu o aprofundamento sobre os mecanismos moleculares do fenômeno vida a ponto de possibilitar a engenharia genética.

Além destas áreas, classicamente, consideradas experimentais, também são consideradas: a Evolução, pelas aquisições da Biologia Molecular, Cladística e pela Teoria do Altruísmo; a Ecologia; a Etologia a Ecologia do Comportamento; a Biogeografia a Biogeografia Cladística e a Teoria Unificada Neutra da Biodiversidade; e, por último, a polêmica Sociobiologia, a tentativa de síntese da evolução, com a ecologia, a genética e a etologia a partir dos conceitos de inércia filogenética, seleção de grupo e pressão ecológica.

A corrida tecnológica que aconteceu durante a guerra fria, muito contribuiu para o avanço das técnicas e tecnologias da pesquisa biológica do período, corroborando a ideia da relação existente entre força política e modernização tecnológica, vinda desde o século XVI. As modificações ocorridas na economia após o final da guerra fria, durante a década de 1980, favoreceram a popularização da informática e as tecnologias digitais e de telecomunicação. Após este período esta tecnologia estava presente em, praticamente, toda atividade da pesquisa biológica. Os instrumentos e técnicas de finalidade estratégica produzidos ao longo da concorrência quase bélica, entre as superpotências, após o fim da União Soviética, passaram a contribuir para o avanço da ciência. Refletiam, porém, uma perspectiva mecanicista, quantitativa e indutivista.

4.3.1 AS CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS

A fisiologia inicia a década de 1970 com importantes avanços tecnológicos. C. Hounsfield, em 1972, exhibe o Escâner da Tomografia Computadorizada, que em 1973 é usado clinicamente pela primeira vez no cérebro, para depois de algumas modificações produzirem imagens do corpo todo (RICHMOND, 2004).

Com os avanços biotecnológicos a partir da década de 1980, a anatomia tornou-se submicroscópica. A fisiologia, a bioquímica, a microscopia eletrônica e positrônica, as técnicas de difração com raios X aplicadas ao estudo

das células e as ferramentas moleculares relacionadas com a avaliação de expressão gênica diferencial em situações de controle e experimentais permitiram a descrição das estruturas íntimas em nível molecular servindo, também, a interesses médicos (AZEVEDO *et alli*, 2002; PINHO, 2006; ANDRADE, 2008)

Desde este período a anatomia pode ser estudada, de forma rotineira, em organismos vivos, através de técnicas de imagem como a endoscopia, a angiografia, a tomografia axial computadorizada, a tomografia por emissão de positrões, a imagem de ressonância magnética nuclear, a ecografia, a termografia e outras.

No início século XXI o periódico *The Scientist*, de agosto de 2005, publica uma edição voltada para tecnologias desenvolvidas nas três últimas décadas do século XX e que são consideradas como transformadoras da Biologia deste século. Listam-se sete: a sequenciação automática do DNA (já mencionada); o programa BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) que possibilita a identificação da função de uma sequência de gene clonada e ainda desconhecida a partir da comparação de sequências homólogas presente em banco de dados do NCBI (*National Center for Biotechnology Information*, Bethesda, Maryland, EUA); Microarranjo de DNA, uma técnica da Biologia molecular desenvolvida em 1989, consiste de arranjos de DNA pré-definidos quimicamente ligados a uma superfície sólida, normalmente lâminas de microscópio devidamente preparadas, para analisar a expressão gênica em larga escala; o ensaio Y2O ou de dublo híbrido na levedura, implantado no final dos anos oitenta, permite a identificação da relação proteína-proteína *in vivo* sem a necessidade de anticorpos ou proteínas purificadas; Maldi (*Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization*), desenvolvida a partir de meados do anos oitenta, é uma técnica de ionização que permite analisar biomoléculas grandes utilizando espectrometria de massas; Produtos “microfluídos” provenientes de uma técnica de miniaturização desenvolvida a partir da década de setenta, e nos últimos anos vários laboratórios estão envolvidos na produção de microcircuitos e outras microtecnologias que permitem a detecção e isolamento de células raras, de ácidos nucleicos e de proteínas, providenciando também a detecção de patógenos, a rápida cristalização de proteínas e aceleração de diagnósticos clínicos; e a Armadilha óptica, desenvolvida em 1986, consiste numa técnica que utiliza de uma luz laser que produz uma armadilha que possibilita manipular proteínas individuais in

vitro, e assim, possibilitando o estudo de seu comportamento individual. É um complemento a outras técnicas de detecção e análise de moléculas (TORRES, 2005).

No final do século XX (conforme MENDES, 1994), a fisiologia clássica tem cada vez menos a pesquisar, cabendo a elucidação dos mecanismos íntimos do funcionamento do organismo vivo a abordagens moleculares ou biofísicas. Esse desdobramento em ciências afins foi, segundo o autor, uma decorrência do avanço inevitável do emprego de procedimentos físicos e químicos na investigação fisiológica.

Para Garcia-Cairasco (1998), a solução mais apropriada é a de estudos multidisciplinares e interdisciplinares, que de maneira integrada e coerente façam a composição dos subsistemas e sistemas, necessários à explicação da própria vida. Poder-se-ia, de acordo com o autor, juntando a informação contida na soma das pesquisas com a estratégia atual, ter uma ideia exata do fenômeno chamado vida a partir de relâmpagos de informação, fragmentos de conhecimentos, nos extremos que vão do superficialismo ao reducionismo. Entretanto ter uma ideia completa, complexa e integrada, ao menos na atual conjuntura, cada vez seria mais difícil.

Segundo Folkow (1994), mesmo com os maiores avanços feitos nas últimas décadas com o uso das chamadas técnicas da biologia molecular, a prova final do impacto do conhecimento, de, por exemplo, o papel de moléculas clonadas, receptores desvendados, mecanismos de regulação de transcrição reconhecidos, etc. estarão dependendo da execução de experimentos fisiológicos, farmacológicos, imunológicos e comportamentais, que congreguem pensamento de síntese e integração, básicos para a formulação de modelos de níveis de controle do Sistema Nervoso Central.

Jobe (1998) chama a atenção para o fato de que especialistas na pesquisa sobre funções integrativas, tanto em animais como em humanos, estão desaparecendo dentro das Universidades. Consequências naturais deste processo tem sido os prejuízos no ensino de Graduação e Pós-Graduação, paradoxalmente numa época em que a quantidade e disponibilidade de informação é praticamente ilimitada, via Internet, WEB, teleconferências, etc. Danos à qualidade e controle nas

indústrias farmacêuticas também são avaliados com o conseqüente impacto nos serviços de saúde (GARCIA-CAIRASCO, 1998).

O autor explica que não se trata de sugerir um distanciamento da fisiologia e ciências biomédicas em geral das técnicas e avanços gerados pela biologia molecular. O que é notório é que há uma clara definição de prioridades na aprovação de projetos que, tendo um montante maior dos seus objetivos moleculares, praticamente não teriam dificuldades em disputar mesmo os mais acirrados sistemas de avaliação competitiva de projetos.

A abordagem tem que ser interdisciplinar baseada na elucidação dos mecanismos da fisiologia. Talvez o maior desafio nesta empreitada será poder traçar interfaces apropriadas para permitir que todos os níveis de análise sejam interatuantes. Considerando os níveis de análise nas ciências fisiológicas como um funil, nos quais na parte mais larga se encontram os estudos comportamentais e na parte mais estreita os estudos moleculares, o que importa é que esses níveis variados de análise deverão estar sempre em contínua interação através de sistemas comunicantes, convergentes. Níveis de interface vertical no grande funil poderiam ser estudos eletrofisiológicos, neuroquímicos, imunológicos, farmacológicos (GARCIA-CAIRASCO, 1998).

Para o autor, mais do que as técnicas, as perguntas deverão guiar estes processos, e mais do que as máquinas, os equipamentos e as prioridades, os homens pensantes, poderão construir a ciência e nela a fisiologia, necessariamente intregativa do futuro, com seus pilares, fortes em todos os níveis, inclusive os moleculares.

No entanto, Mendes (1994) afirma que na fisiologia, dificilmente poder-se-ia admitir estar havendo ou se delineando uma revolução nos moldes kuhnianos, implicando um novo paradigma. Se houve crises na fisiologia, elas remontariam, por exemplo, ao tempo em que explicações para os fenômenos fisiológicos faziam apelo ao flogístico e *espíritos* (Galeno) e ao recurso à *vis vitalis*, quando se tornou imperioso que as explicações passassem a ter cunho experimental, com frequente uso de procedimentos físicos e químicos em que o apelo à força vital tornou-se inaceitável como via de investigação.

O valor dado à experimentação como o meio de elucidar fenômenos fisiológicos se coaduna com o principal dogma do empirismo, como formulado por

David Hume e os enciclopedistas franceses no século XVIII. Para os quais a experiência é a única fonte do conhecimento e os métodos da ciência empírica são os únicos meios pelos quais o mundo pode ser entendido. Mesmo em face de um neovitalismo corrente, essa atitude na fisiologia, pelo menos no que respeita às funções ditas vegetativas, não sofreria a crítica que modernamente se faz à doutrina de Hume, sendo certo que fenômenos tais como, por exemplo, a digestão se elucidam, maiormente, pela experimentação, usando-se procedimentos físicos e químicos e o conhecimento anatômico (MENDES, 1994).

As dificuldades surgem quando se trata de funções neurossensoriais nas quais ficaria menos aceitável a visão positivista de ser a mente um papel em branco, em que gradualmente se escreve uma representação da realidade constituída com a experiência cumulativa. Estudos atuais sugerem que o cérebro humano contém algo inato. Assim, pelo menos no campo neurossensorial, poderia estar se esboçando uma crise na fisiologia, consistente quanto ao paradigma positivista poder estar cedendo lugar ao estruturalista (MENDES, 1994).

O estudo das funções, seja quais forem os sistemas, no início do século XXI, compartilha intensamente os métodos vindos da biologia molecular, a automatização e a bioinformática. Mas, como afirma Garcia-Cairasco (2002), estas técnicas não devem ser vistas como uma oposição ou superação dos meios clássicos de se estudar as funções orgânicas. Mas, sim, são procedimentos de integração, e não exclusão desse conhecimento. Não são rivais, mas cúmplices nesta luta pelo saber.

Quanto à biologia celular, atualmente, ela é uma combinação da citologia avançada, biologia molecular, genética, bioquímica, computação e engenharia. O que é feito na biologia celular, quais tópicos são investigados, quais métodos são usados para a comunicação das descobertas mudam muito rapidamente (MISTELI, 2009).

A Biologia celular moderna é muito diversa. Áreas que eram domínios estritos dos biólogos moleculares e bioquímicos, como a expressão gênica ou o sinal de transdução, tem se ampliado dentro do campo biológico da célula. Outros tópicos estudados macroscopicamente, como o desenvolvimento e a diferenciação, são agora visto no nível celular e molecular. A biologia Celular tem também impactado a medicina, devido a crescente compreensão dos mecanismos

da doença relacionados à célula, uma vez que há uma vasta base de conhecimentos da biologia celular básica (MISTELI, 2009; ANDRADE, 2008).

O recente crescimento da biologia celular está relacionado com o desenvolvimento tecnológico. A microscopia, uma ferramenta tradicional dos biólogos celulares, tem se sofisticado permitindo que sejam realizados trabalhos no interior da célula. A sua combinação com a genômica, proteômica, métodos computacionais e ferramentas de manipulação celular têm permitido significativos avanços na biologia moderna (MISTELI, 2009).

Todo o avanço técnico e tecnológico da biologia celular no entanto, não parece representar uma revolução científica do tipo Kuhniana, pois estas modificações não parecem preencher os pressupostos de Kuhn para uma mudança de paradigma. O desenvolvimento desta área da biologia parece continuar sendo melhor explicado pelo programa de Lakatos (discutido anteriormente por RECIO, 1990).

A farmacologia, assim como ocorreu na fisiologia, bioquímica e biologia celular, a partir da década de 1970 também procurou, nas técnicas moleculares, um aprofundamento em seus estudos das interações e mecanismos de funcionamento das drogas. Como nestas outras situações, ela promoveu a fusão entre as técnicas convencionais e as novas (MANCINELLI *et alli*, 2000), construindo a farmacogenômica, cujo propósito é estudar a relação entre o metabolismo das drogas com os ácidos nucleicos.

4.3.1.1 Os avanços da Biologia Molecular

As enzimas de restrição, descobertas por Cohens, Chang, Boyer e Helling (1973), capazes de cortar o DNA cromossômico em partes específicas; e as técnicas de recombinação em plasmídios, organelas citoplasmáticas de microorganismos constituídas por DNA, permitiram que pedaços de DNA fossem cortados, inseridos em plasmídios e, a partir desses, colocados em células de todas as origens. Era o início do que, mais tarde iria se chamar de engenharia genética.

A partir da década de 1970 o conceito neoclássico de gene começa a ser quebrado com o desenvolvimento de várias técnicas e elucidações sobre o material genético. Várias foram as descobertas tais como os genes repetidos, interrompidos, *splicing* alternativo, o caso especial dos genes da imunoglobulina, a sobreposição de genes, genes móveis, complexos promotores, genes de poliproteínas, edição do RNAm. Essas observações levaram a questionar os critérios utilizados na definição clássica ou neoclássica do gene. A partir disso tem se adotado um conceito de gene novo, aberto, geral e abstrato, visto que a compreensão da organização e natureza do material genético vem sendo constantemente incrementada (PORTIN, 2000).

Na década de 1970 foram descobertas mais subunidades do gene eucariotos. Em fevereiro de 1977 David Glover e David Hogness, a partir de estudo dos genes decodificadores de RNA ribossômicos, foram os primeiros a documentar que os genes são interrompidos (mais tarde chamados de íntrons), mas seu estudo não teve muito impacto. Nos meses de agosto e setembro Roberts (1977) e Sharp (1977) descobrem, independentemente, que sequências de genes virais codificadores de proteínas estruturais também contêm interrupções que não especificam aminoácidos (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

Muitos genes apresentam ao lado das sequências ativas de síntese protéica, os exons, e sequências mudas, os íntrons, que durante muito tempo foram considerados sem qualquer valor semântico. Assim, numa primeira etapa o RNA reproduz toda a cadeia de DNA correspondente a um gene: tanto íntron como exons. É no RNA pré-mensageiro, agem uma série de enzimas, denominadas enzimas de restrição, entrançamento que irão cortá-lo nos pontos de junção éxons/íntrons para eliminar as partes não codificadoras (esse processo de corte foi denominado de *splicing*). Depois entrelaçam as partes codificadas (exons). Assim este mRNA está pronto para a síntese protéica. Neste sentido o dogma “um gene uma cadeia polipeptídica” desaparece, uma vez que, uma região do DNA, corresponderia agora a uma unidade de transcrição que pode corresponder não a uma mais a várias cadeias polipeptídicas que podem possuir funções semelhantes ou não (WAIZBORT; SOLHA, 2007).

Berget, Moore, Sharp (1977) e Chow, Gelinas, Broker, Roberts (1977) foram os primeiros pesquisadores a descrever o fenômeno conhecido como

splicing alternativo, o qual é uma forma alternativa de remover os íntrons de um determinado pré-RNA, resultando em mais de um RNA maduro por gene. Era a descoberta de um novo sistema de regulação gênica.

Neste sentido a área foi aprimorando-se metodologicamente e conceitualmente, chegando a implicações no campo da engenharia genética. A genética, por sua vez, também se empenhou no seu desenvolvimento, buscando fortalecer sua identidade, um exemplo disso foi a inserção de instrumentos quantitativos da genética das populações (COUTINHO, 1998).

A utilização de enzimas de restrição cortando genes como um “bisturi molecular”, transportando-os através de plasmídios e incorporados nos cromossomos de outras células por recombinação, levantou algumas séries de questões na comunidade científica. Era o problema ético que estava em jogo. Seria lícito trabalhar com organismos artificialmente constituídos, mesmo que tais experimentos visassem auxiliar a medicina, a farmácia, a agricultura ou mesmo as ciências básicas que permitiam uma melhor compreensão dos mecanismos moleculares dos genes? o que é a vida e quais os limites de sua manipulação? Quais as relações desta questão com a evolução, a ecologia, a medicina, a agricultura e as multinacionais? Muitos ecologistas, filósofos e sociólogos se mostraram apreensivos com tais possibilidades. O mesmo ocorreu com muitos cientistas moleculares entre os quais Chargaff que alertava para os perigos da manipulação genética.

A preocupação crescente sobre o assunto resultou na conferência de Asilomar, realizada em 1975 e presidida por Paul Berg cujo objetivo era analisar os riscos da pesquisa sem controle do DNA (WAIZBORT; SOLHA, 2007). A guerra do Vietnã e a renúncia a Nixon tiveram pés na decisão dos cientistas que exigiram uma série de rígidos controles sobre o novo método, mas aprovaram a tecnologia por volta de 1977; o DNA passou a ser preocupação do grande público, principalmente os ambientalistas que em muitas localidades elaboram legislações específicas sobre a questão. Afinal, uma declaração elaborada pelos pesquisadores sobre o impacto do meio ambiente, acabou por negar a proibição pedida por populares sobre a engenharia genética. Estava aberto o espaço de novo método.

Philip Leder e Timothy Stewart, da Universidade de Haward, foram os primeiros a construir uma linhagem transgênica de camundongos portadores de

genes do câncer mamário. Em 1988 foi registrada a primeira patente da tecnologia de produção de um animal transgênico contendo células germinativas e somáticas com genes cancerígenos, concedida pelo serviço de patentes dos Estados Unidos. A partir daí vários animais transgênicos foram construídos com o interesse de servirem como modelos experimentais em estudos em várias áreas da biologia. Este fato estimulou o pedido de várias outras patentes (HANAHAN *et alli*, 2007).

Botstein, Davis, Skolnick e White (1980) desenvolvem técnica baseada no uso de enzimas de restrição para fragmentar o DNA. A técnica foi importante para o Projeto Genoma Humano. Outra tecnologia relevante para o PGH foi desenvolvida em 1983 por Marvin Carruthers e Leroy Hood, o Sequenciador de DNA automatizado, que permite sequenciar automaticamente fragmentos separados do DNA (LANCHBURY, 1998).

O desenvolvimento da técnica de amplificação do DNA – PCR, em 1983 é considerado uma evolução molecular emblemática. Esta técnica tem origens no desvelamento e na teoria sobre estrutura do DNA na década de 1950 e em ferramentas inventadas em 1970 (MORANGE, 2000). Kary Mullis em 1985 publica um artigo que descreve o método PCR (reação em cadeia de polimerase) no periódico *Methods of Enzymology*, após a tecnologia já ter sido patenteada. O método possibilita a obtenção rápida de bilhões de cópias de um segmento específico de DNA. Sua aplicação tornou-se muito popular entre os cientistas da época e até os dias de hoje ela é aplicada (FORE JUNIOR *et alli*, 2006).

Em 1985, o reitor da Universidade de Califórnia, Robert Sinsheimer, reuniu vários biólogos moleculares com a intenção de construir um instituto para o mapeamento do genoma humano. O projeto inicialmente foi coordenado por Charles de Lise e, mais tarde, por Charles Cantor. Neste grupo havia pesquisadores que, como Walter Gilbert, entendiam que o projeto deveria ser levado a cabo pela iniciativa privada e as informações sobre sequenciação deveriam ser protegidas pelas Leis dos Direitos Autorais. Outros, como Susan Rosenfeld Jean Dousset, discordavam sustentando que a herança genética pertence a toda a humanidade.

O congresso americano, por sua vez, entendia que tal projeto poderia manter a supremacia do EUA nesse campo pelos próximos 20 ou 30 anos devido ao aparecimento de indústrias específicas, totalmente novas, o lugar onde os EUA teriam quase certeza de manter sua supremacia. A partir de 1988 o projeto

passou para a coordenação de James Watson. Sidner Brenner colocou a Universidade de Cambridge no projeto, que passou a ser internacional.

Em 1986 plantas de tabaco geneticamente modificadas para se tornarem resistentes a herbicida são testadas em campo; pela primeira vez, nos EUA e na França, a EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) autoriza plantações comerciais desse tipo (FIGUEIREDO, 2009).

Em 1989 acontece a criação nos EUA do Instituto Nacional para Pesquisa do Genoma Humano (NHGRI), chefiado por James Watson, para determinar toda a sequência do DNA que compõe os cromossomos humanos. Em 1990 os financiadores do projeto DOE e NIH apresentam em um congresso norte-americano oito objetivos para os 5 anos de pesquisa:

[...] mapear os cromossomos humanos; melhorar a tecnologia de sequenciamento de DNA; mapear e começar a sequenciar organismos modelos selecionados; coletar, gerenciar e distribuir informação; estudar os aspectos éticos, legais e sociais e desenvolver opções de conduta; treinar pesquisadores; desenvolver e melhorar a tecnologia; e facilitar a transferência de tecnologia (PORCIONATTO, 2007, p.3).

A grande quantidade de dados genômicos e o volume crescente de informações geradas graças aos novos sequenciadores automáticos de DNA, produziram bancos de dados e ferramentas de análise organizados pela informática. Segundo Santos e Ortega (2003), o projeto *Genomes to life* foi lançado pelo Departamento de Energia dos EUA objetivando chegar a uma compreensão fundamental e sistemática sobre a vida, através dos genomas que passaram a ser descritos.

A partir desse período, a bioinformática passou a ser imprescindível para a manipulação dos dados biológicos. Através da combinação de procedimentos e técnicas da matemática, estatística e ciência da computação são elaboradas várias ferramentas que auxiliam a compreensão do significado biológico representado nos dados genômicos. Além disso, a criação de bancos de dados com as informações já processadas auxilia outras áreas como a medicina, a biotecnologia, a agronomia, etc. (SANTOS; ORTEGA, 2003).

Em 1993, com o conhecimento obtido sobre os genes normais e patológicos humanos, a terapia genética é utilizada com sucesso em uma menina

de quatro anos com um tipo de deficiência do sistema imunológico chamado Adenosina Desaminase (ADA). Logo em seguida, em 1994, o primeiro alimento geneticamente modificado, o tomate Flavr Savr, tem a venda aprovada pela FDA (agência de fármacos e alimentos dos EUA). E, em 1995 a primeira sequência completa de DNA de um organismo de vida livre, a bactéria *Hemophilus influenzae*, é obtida. Um ano depois, nasce a ovelha Dolly, primeiro mamífero clonado a partir de uma célula de um animal adulto pelo Instituto Roslin (Escócia) e pela empresa *PPL Therapeutics*. Sulston e Waterstone (1998) sequenciam o genoma do verme *C. elegans*, primeiro organismo multicelular a ter o seu DNA transcrito (CLAROS, 2003).

No último ano do segundo milênio (2000) pesquisadores do consórcio público Projeto Genoma Humano e da empresa privada norte-americana *Celera* anunciam o rascunho do genoma humano. Lander *et alli* (2001) encontraram 24.500 e 31.000 unidades transcricionais, no caso do Consórcio Internacional de Sequenciamento do Genoma Humano e, por sua vez, Venter *et alli* (2001) chegaram a 26.000 e 38.000, no caso da iniciativa liderada pela empresa *Celera Genomics*. Um número bem menor do que os 100.000 esperados.

Vários estudiosos da genética se manifestaram diante deste número de genes menor que o esperado. Rubin *et alli* (2000) declararam que não era o simples número de genes o responsável pela complexidade nos metazoários. Rheinberger (2000) e Lander *et alli* (2001) justificaram o *splicing* alternativo como responsável pela variação. Gould (2001) aproveitou para reiterar o fim do determinismo genético. Maynard Smith (2000) explicou que não há proteínas ou RNAs sem sequência de ácido nucléico. Morange (2001) disse que o que pode variar é o produto do DNA e não o DNA. Hirata *et alli* (2003) falaram dos íntrons que, em determinados contextos celulares, poderiam participar efetivamente. Keller (2000b) discutiu sequências de DNA com *íntrons* e *éxons* e que, dependendo do contexto celular, podem formar parte de cadeias polipeptídicas diferentes. Turelli e Trono (2005) lembraram do processo celular de adição de bases uracila pelos RNAm produzidos pelas células, modificando o produto final.

Enfim, havia muitas explicações para o resultado, não era nada absolutamente inesperado como alguns mais afoitos apregoaram após, afinal, a

imunogenética sempre se deparou com dificuldades desta natureza. E o conceito do gene está mudando desde que foi inaugurado.

Lewontin (2000), Oyama (2000) e outros pesquisadores rejeitam o Dogma Central da Genética e trabalham com teoria de desenvolvimento de sistemas que considera, fortemente, a noção de interação. Posição compartilhada por Strohman (2002) que, ressalta o fato de que interesses econômicos e institucionais dificultam esse desenvolvimento, em favor do paradigma da biologia computacional.

Por outro lado, as discussões epigenéticas também tem participado, com intensidade, deste debate. Esta área, inaugurada na biologia moderna em 1942 por Conrad Hal Waddington (WADDINGTON, 1942a), o primeiro biólogo a pensar em redes genéticas de desenvolvimento (SLACK, 2002), teve um grande avanço com os estudos moleculares. Nessa linha de pensamento, Keller (2000a) chama a atenção para uma situação na embriologia, onde determinados territórios embrionários possuem independência de um programa genético, estabelecendo campos morfogenéticos, os quais ajudam as células a definir seu papel dentro do sistema. Assim, para Keller (2000b), a função do gene depende do seu contexto cromossômico, nuclear e citoplasmático. Para Fontana *et alli* (2006) os avanços no conhecimento de morfogênese e de diferenciação celular desarticularam a ideia que o gene controla diretamente o fenótipo. Com relação a este ponto, o fenótipo de um organismo durante a ontogenia sofre importantes mudanças de forma e, em paralelo, o fenótipo celular se estabelece por caminhos de diferenciação celular na qual cada célula sofre importantes alterações morfológicas durante o desenvolvimento embrionário.

Assim, a definição do gene esta mudando a passos largos, caracterizando, para alguns, uma crise na genética. Leite (2003) acredita em uma crise da noção de gene, tanto no plano epistemológico (porque é cada vez mais difícil identificar correlatos físicos de um só tipo para o conceito de gene); como no plano teórico (porque a complexidade crescente nessa área compromete a ideia de que o gene ou seu conjunto possam representar a explicação causal, direta e mecânica, de características); e, ainda, no plano ético (pois as manipulações orientadas a partir do conhecimento do genoma podem levar a uma erosão da natureza humana no fundamento da política).

Solha e Silva (2004), por sua vez, propõem olhar a questão do conceito de gene a partir de uma lógica dialética, ao invés da perspectiva da lógica formal. Uma vez que,

O gene é um objeto que tem sua existência vinculada a outros objetos, a outros fenômenos, (...) existe dentro de determinados contextos. Sua aparência, suas denominações, definições, conceitos, mudam de acordo com diferentes períodos do desenvolvimento científico, diferentes tipos de abordagens. Seu conceito é, desta forma, transitório (SOLHA; SILVA, 2004, p.54).

As definições do conceito de gene devem ser vistos pelo seu movimento, uma vez que têm se modificado desde Mendel, portanto sendo característico da própria natureza do conhecimento científico. Os autores sugerem duas formas de se compreender essa situação:

1. Com a adoção de uma lógica que permita uma visão mais ampla e aberta, que reconheça o gene como um processo, que assuma a contradição e a totalidade, a mediação recíproca e o movimento; que enxergue a realidade dos fenômenos e não das coisas. Em síntese, uma lógica dialética;
2. Percebendo que o gene volta às suas origens, ou seja, só pode ser entendido como objeto construído racionalmente. Sua real existência é dependente dos modelos teóricos que lhe dão sentido. Fora destes modelos este objeto não se sustenta. Sua utilidade teórica se dissipa (SOLHA; SILVA, 2004, p.65)

EI-Hani (2007) coloca a questão da mudança do conceito de gene como uma encruzilhada na qual o conceito pode ser abandonado ou transformado. Segundo o autor, a escolha dos pesquisadores da área foi a de transformá-lo. Assim, ele apresenta alguns modelos que buscam modificar aqueles conceitos mais convencionais (inclusive o oriundo da justaposição entre o molecular e o mendeliano). Alguns deles apontam para a possibilidade de dispensar o conceito de gene como unidade. Poderiam, neste caso, ser elaborados como conjuntos de combinações ou processos envolvendo múltiplos fatores. No entanto EI-Hani (2007) não indica uma transformação na genética de caráter revolucionário, à maneira de Kuhn.

Nesta perspectiva esta questão é apenas um alarmismo desnecessário. Como pensam Waizbort e Solha (2007), o conceito de gene e a teoria genética não estariam passando por uma revolução paradigmática kuhniana.

Estaria, ao contrário, em um período de tentativas de eliminação de anomalias que ocorrem durante a experimentação biológica com os genes. O debate em torno do assunto poderia ser entendido, então, como uma passagem por uma fase progressiva de um programa de pesquisa lakatosiano.

4.3.2 A QUESTÃO DA ORIGEM DA VIDA

Dentro da perspectiva acerca da complexidade dos primeiros organismos (não vivos) e dos seus ambientes, existem, atualmente, quatro possibilidades, com seus respectivos defensores (ZAIA; ZAIA, 2008). O primeiro organismo era simples e o ambiente complexo (origem heterotrófica); o primeiro organismo era simples e o ambiente simples (origem autotrófica); o primeiro organismo era complexo e o ambiente complexo (panspermia heterotrófica); e, o primeiro organismo era complexo e o ambiente simples (panspermia autotrófica). Não há, entre os pesquisadores da área, uma resposta mais aceita.

Entre os químicos e geólogos (segundo ZAIA; ZAIA, 2008), os estudos sobre a origem da vida começam a partir da origem de pequenas moléculas em condições da química pré-biótica; a formação de ordem através da separação de fases e formação de membranas; a formação de polímeros a partir de aminoácidos, nucleotídeos, etc. e a identificação do mundo do pré-RNA. Estas pesquisas se concentram na busca do mais simples para o mais complexo até o surgimento do primeiro ser vivo.

Levando a questão para o âmbito da, recém criada biologia molecular (segundo ZAIA; ZAIA, 2008), começa-se a avaliar a vida a partir do momento atual e, a cada passo, a simplificamos. Construindo modelos com os quais se estudam a paleontologia dos primeiros fósseis, biologia e química da origem e estabelecimento do mundo do DNA e do mundo do RNA, etc. E, dentro deste ramo da biologia, o estudo da origem do código genético é, possivelmente, um bom caminho para o entendimento da origem da vida.

Para Damineli e Damineli (2007), parece improvável tal origem ter ocorrido apenas por processos aleatórios, pois, se assim o fosse, dizem os autores,

teríamos uma série ininterrupta de moléculas, formando uma pirâmide na qual as moléculas simples em grande número, formariam a base, diminuindo em número à medida que aumenta o tamanho. O controle das atividades bioquímicas responsáveis pelo desenvolvimento e reprodução dos organismos atuais, ocorre a partir das informações originárias de sequências de ácidos nucleicos denominadas de código genético. Os ácidos nucleicos são a base da replicação e síntese protéica, enquanto as proteínas, controlam o metabolismo.

Assim, surge a pergunta: quem surgiu primeiro, o código genético ou o metabolismo? Há defensores de cada uma das possibilidades. Existe uma hipótese de que o RNA teria sido a primeira molécula ativa na origem da vida chamada de mundo de RNA.

Uma segunda possibilidade sugere que, dada a complexidade desta molécula, pode ter havido a ocorrência de um de um período pré-RNA. Para este caso, é possível haver uma organização na própria sequência de reações químicas, sem que haja um código genético. Uma perspectiva, que, ainda busca evidências experimentais, mas, alguns autores acham possível existir um princípio de auto-organização que opere nesse sentido (DAMINELI; DAMINELI, 2007).

Uma teoria é proposta por A. G. Cairns-Smith em 1975 a qual afirma que o primeiro código genético deveria ser constituído de argila. Isto porque estas são abundantes, sempre existiram no planeta, podem crescer (crescimento de cristais) e dividir (quebrar), e guardar e transmitir informações graças à sua estrutura organizada. Assim, o código genético seria mais antigo que o metabolismo (CAIRNS-SMITH, 1982). Até o momento, porém, não há prova experimental de que isto seja possível (DAMINELI; DAMINELI, 2007).

Günter Wächtershäuser (1988) propôs outra hipótese para o surgimento da vida. Um mecanismo de metabolismo autotrófico baseado na superfície ferro/enxofre da pirita. Este modelo sugere que o metabolismo é uma invenção mais antiga que o código genético e não exige um ambiente complexo em termos de moléculas.

Por outro lado, com a descoberta da capacidade de catalização apresentada pelo RNA, nos anos 80, a comunidade científica passou a olhar esse ácido nucleico como grande candidato a molécula chave da origem da vida. A hipótese de que o código antecede o metabolismo voltou a se fortalecer. Esta

questão, outrossim, ainda é uma das grandes controvérsias não só da biologia mas de toda a ciência.

4.3.3 A TEORIA DA EVOLUÇÃO, A BIOLOGIA MOLECULAR E MODELOS MATEMÁTICOS MAIS REALISTAS

O estudo sobre evolução a partir da década de 1970 foi muito influenciado pelas novas técnicas da biologia molecular. A evolução molecular passou a ser uma grande fonte de preocupações para os evolucionistas. Estes se concentraram no estudo da grande quantidade de variações e na velocidade das alterações ao longo das gerações que são muito rápidas para serem explicadas pela seleção natural. Kimura (1968) deduziu que a maioria dos polimorfismos resulta da fixação de variantes seletivamente neutras por deriva genética. O papel principal da seleção natural seria, então, a eliminação de variantes deletérias. Um intenso debate entre os anos 70 e 90 se deu entre selecionistas e neutralistas.

Esta controvérsia (conforme NEI, 2005), foi causada, parcialmente, pela definição de Kimura sobre a neutralidade, que era demasiado estrita. Se definirmos mutações neutras como aquelas que não mudam apreciavelmente a função do produto do gene, muitas controvérsias desaparecem, porque as mutações, ligeiramente deletérias e as ligeiramente vantajosas, são envolvidas por mutações neutras. Essa discussão não persiste hoje, pois, seleção natural e deriva genética são os fatores evolutivos mais importantes na Evolução.

Por outro lado, outra área da evolução de grande desenvolvimento e aplicabilidade a partir deste período foi a sistemática filogenética. Esta forma de classificação foi elaborada por Henning (1966), e, é baseada nas relações de parentesco entre os Táxons. Relações baseadas nas apomorfias (a condição mais recente produzida a partir de transformações da condição mais antiga, quando em dois táxons diferentes duas homologias são comparadas) e plesiomorfias (a condição mais antiga da qual a mais recente se originou).

A sistemática filogenética busca o entendimento da diversidade biológica. É baseada nas relações de parentesco entre as espécies, fornecendo

para isto um método. Possui dois objetivos principais, o primeiro é fornecer subsídios para uma compreensão geral da diversidade biológica da evolução das espécies e da modificação de caracteres. Neste sentido, passa a facilitar a compreensão dos estudos em zoologia, botânica, protozoologia, fisiologia comportamental, anatomia comparada, embriologia comparada, etologia, etc. O segundo é desenvolver a habilidade de propor hipóteses sobre a evolução de caracteres ou sobre as relações de parentesco entre os membros de um grupo.

A reconstrução filogenética era, inicialmente, baseada em dados morfológicos, incorporando os dados moleculares em função do avanço desta área da biologia, aumentando, pois, sua eficiência (FERNANDES-MATIOLI, 2001). Conforme a autora, ao se trabalhar com dados moleculares é necessário se obter sequências homólogas dos grupos a serem comparados. Estas devem, por sua vez, apresentarem ortologia (mesmo e único ancestral comum). Ainda segundo a autora, as metodologias filogenéticas são estatísticas e classificadas em dois grupos principais: 1) quantitativos (métodos de distância); 2) qualitativos (métodos de parcimônia e verossimilhança). Nos primeiros, as diferenças entre duas seqüências são reduzidas ao número de diferenças, sem levar em conta suas relações evolutivas. Calcula-se a distância entre elas, para a elaboração da árvore filogenética. Nos segundos, as diferenças entre as moléculas são consideradas como variáveis descontínuas para a construção de árvores a serem comparadas, usando-se como critério de escolha a parcimônia ou a verossimilhança.

Os avanços da paleontologia e da filogenética favoreceram a elaboração de um conceito a partir da visão biológica anterior modificada, a *espécie evolutiva* (MAYR, 1988). Segundo o autor, a espécie evolutiva é uma seqüência de populações ancestrais-descendentes que evolui mantendo sua identidade, a partir de outras espécies e que possui suas próprias tendências evolutivas e destino histórico. Amorim (2002) define esta visão filogenética de espécie como “a soma de todos os indivíduos e de suas relações de parentesco desde sua origem” (AMORIM, 2002, p19). Mayr (1988) entende que esse conceito utiliza termos vagos e controversos como “mantém sua identidade”, “tendência evolutiva” e “destino histórico”.

Já no século XXI, Marroig (2003) apresenta os demais conceitos de espécie que compõem o cenário evolutivo contemporâneo. Todos compartilhando

um ponto comum, o Conceito Geral de Linhagem, para o qual uma espécie é uma linhagem, ou seja, uma sequência temporal/espacial de populações ancestrais e descendentes. São eles, segundo o autor, Conceito ecológico (L. VAN VALEN, 1976), Conceito de reconhecimento (H. PATERSON, 1985) e Conceito de coesão (A. R. TEMPLETON, 1989). Todos os conceitos de espécies são simplificações e aproximações a uma história que está acontecendo, sendo assim baseados em julgamentos de valor sobre as descontinuidades observadas na natureza, descontinuidades estas que podem ou não ser definitivas (MARROIG, 2003).

Outro tema fundamental no estudo da teoria sintética da evolução, a partir de 1970, é a teoria evolutiva do altruísmo. Lançada por William D. Hamilton em uma série de importantes artigos (1964, 1970, 1971a, b e 1972) seu conceito central é a Aptidão Inclusiva que vem a ser a soma da aptidão própria do indivíduo e todos os efeitos que causam as aptidões das partes relacionadas de todos seus parentes. Quando um animal realiza um ato altruísta com um irmão, por exemplo, a atitude inclusiva é a do animal mais o aumento da aptidão desfrutada por aquela porção da constituição hereditária do irmão que é compartilhada com o animal altruísta. A porção de herança compartilhada é a fração de genes mantida por descendência comum por parte dos dois animais e se mede como o coeficiente de parentesco r . Assim, em ausência de endogamia, o animal e seu irmão tem um $r = \frac{1}{2}$ de seus genes idênticos por descendência comum. O resultado-chave de Hamilton pode estabelecer com simplicidade a seguinte forma. Um ato de altruísmo fundamentado geneticamente, de egoísmo ou de rancor evoluirá se a aptidão inclusiva média dos indivíduos, dentro de um programa de conjunto, é superior à aptidão inclusiva dos indivíduos do outro conjunto comparável, que não se desenvolve.

Wilson (1975) ilustra este caso de forma bastante interessante:

[...] consideramos, p.e., um conjunto simplificado formado somente por um indivíduo e seu irmão. Se o indivíduo é altruísta realizará algum sacrifício a favor de seu irmão. Pode facilitar o alimento ou o refúgio, atrasar-se à eleição do par, ou interpor-se entre o perigo e seu irmão. O resultado importante, de um ponto de vista puramente evolutivo, é a perda da aptidão genética, uma menor duração da vida, ou menor representação dos genes altruístas pessoais desse indivíduo na geração seguinte. Porém pelo menos a metade dos genes dos irmãos são idênticos aos desse altruísta por descendência comum. Suponhamos, em um caso extremo, que o

altruísta não deixa descendentes. Se os genes do irmão atuam mais do dobro que os genes idênticos aos do altruísta e este último terá ganho na representação da próxima geração. Muitos dos genes compartilhados por estes irmão serão os que tem a tendência do comportamento altruísta. A aptidão inclusiva, nesse caso unicamente determinada pela contribuição do irmão, será bastante grande para expandir os genes altruístas pela população e, portanto, a evolução do comportamento altruísta.

O modelo pode agora estender-se até incluir a todos os parentes afetados pelo altruísmo. Se somente os primos em primeiro grau se beneficiarem ($r = 1/8$) o altruísta que não deixa descendente deveria multiplicar a aptidão de um primo por outro; um tio ($r = 1/4$) deveria fazê-los por 4, etc. Se as combinações dos parentes se beneficiam, o efeito genético do altruísmo é simplesmente o número de parentes de cada classe que se vêem afetado e seus coeficientes de parentesco. Em geral, K , (a taxa de ganho e perda de vigor) deve rebaixar o recíproco do coeficiente médio de parentesco (r) no conjunto de parentes: $K > 1/r$. Assim pois, no caso extremo irmão-irmão, $1/r=2$; a perda de aptidão por parte do altruísta que não deixa descendentes é total (ou seja = 1,0). Para que aumentem os genes altruístas compartilhados, K , a taxa de ganho e perda, deve ser superior a 2. Em outras palavras, a aptidão do irmão deve exceder ao dobro (NASCIMENTO JÚNIOR, 1983b).

Segundo Kerr (2000, p.509):

“The Genetical Evolution of Social Behaviour, I and II”. de William D. Hamilton são considerados a maior contribuição à teoria da Evolução depois de Darwin, onde demonstra como o altruísmo pode ter vantagens seletivas. Em 1993 recebeu das mãos do rei da Suécia o Prêmio Crafood, criado pela Comissão dos Prêmios Nobel, da Academia Sueca de Ciências, ou seja, recebeu o 1o. Prêmio Nobel de Biologia. Logo no ano seguinte recebeu o rico Prêmio Kyoto de Ciências Básicas da Fundação Inamori, do Japão.

A afirmação de Kerr é compartilhada por outros evolucionistas do século XX, como se pode perceber no obituário escrito por Trives (2000) para Hamilton: “sua teoria da aptidão inclusiva (...) é o único avanço real desde Darwin em nossa compreensão da seleção natural” (TRIVES,2000, p.828, tradução nossa).

Em 1976, num polêmico livro denominado *The Selfish Gene*, Dawkins (1979) afirma, que atos de aparente altruísmo são de egoísmo disfarçado. Assim, este autor cunhou o termo gene egoísta para expressar a base evolutiva

desse comportamento. Tomando como base as ideias de Hamilton, Dawkins desenvolveu a ideia de que a pressão da seleção atuava em fenótipos cujos comportamentos favoreciam a sobrevivência de determinados genes em detrimento de outros. Esta suposição, contida nos trabalhos de Hamilton, indica que a seleção atua no sentido de favorecer aqueles indivíduos que compartilham estes genes e não todos os genes comuns a uma espécie. Por outro lado, na natureza, os grupos de indivíduos com genes compartilhados, geralmente, são grupos familiares, daí o nome deste tipo de processo seletivo ser seleção familiar.

A evolução do egoísmo pode tratar-se segundo o mesmo modelo de Hamilton, descrito acima. Intuitivamente pode parecer que o egoísmo em qualquer grau provoca um aumento dos genes pessoais da geração seguinte. Porém não é este o caso se os parentes são prejudicados até ao ponto de perder demasiados os genes compartilhados como indivíduo egoísta por descendência comum. Uma vez mais a aptidão inclusiva deve ser superior a 1, porém nesta ocasião o resultado de rebaixar este limite é a expansão dos genes egoístas (NASCIMENTO JÚNIOR, 1983b).

O que é o gene egoísta? Não é apenas um fragmento físico único de DNA. Assim como no caldo primordial, ele é *todas as réplicas* de um fragmento específico de DNA, distribuído por todo o mundo. Se nos permitirmos falar sobre os genes como se tivessem objetivos conscientes, sempre nos certificando de podermos traduzir nossa linguagem descuidada para termos respeitáveis, se assim quiséssemos, poderíamos perguntar: o que um gene egoísta isolado tenta fazer? Ele tenta tornar-se mais numeroso no “fundo” de genes. Basicamente ele o faz ajudando a programar os corpos nos quais se encontra, de modo que sobrevivam e se reproduzam. Agora, porém, estamos enfatizando que “ele” é um agente distribuído, existindo em muitos indivíduos diferentes ao mesmo tempo. O ponto chave (...) é que um gene poderá ser capaz de auxiliar *réplicas* de si próprio localizadas em outros corpos. Se isso ocorrer, parecerá altruísmo individual, mas realizado pelo egoísmo dos genes (DAWKINS, 1979, p.133).

O que Dawkins (1979) colocou de original na ideia foi o conceito de egoísmo como base da explicação de todo comportamento. Hamilton entendia que a seleção atuava favorecendo comportamentos altruístas no interior da família, Dawkins olhou para o efeito que esses comportamentos tinham sobre as outras famílias que não aquelas que os exibiam. Ou seja, entre famílias o comportamento

se expressa de forma egoística uma vez que as famílias competem entre si, para deixar descendentes.

A ideia do gene egoísta foi sustentada pelo modelo matemático, oriundo da teoria dos jogos, e desenvolvido, principalmente, por Maynard Smith (1978), denominado Estratégias Evolutivamente Estáveis. Tais estratégias são uma maneira de expressar como o comportamento de animais numa geração afeta o comportamento da geração subsequente, principalmente, em relação às suas interações (DAWKINS,1989). Os processos matemáticos produziram vários modelos que se propõem explicar as formas que os animais expressam seu comportamento egoísta sempre que houver conflitos de interesse (DAWKINS,1989).

Bueno (2008), sem desmerecer o valor heurístico da teoria de Dawkins, chama a atenção para sua excessiva importância no papel do gene, confundindo o fato deste ser a unidade de hereditariedade com a possibilidade de ser a unidade de seleção. A autora aponta ainda uma segunda crítica relativa à falta de definição das forças causais que atuam no processo de seleção, considerando o tratamento matemático como suficiente para definir as mesmas.

Lewontin (2002), alerta que enfoques reducionistas no estudo dos organismos vivos podem levar a respostas incompletas por desconsiderar a dinâmica e a complexidade dos processos e interações da biologia. No entanto, (para VIEIRA; CHAVES, 2009), embora polêmico o livro *The Selfish Gene* permanece ainda que, no início do século XXI, como um dos mais persuasivos discursos do determinismo biológico.

Assim, o pensamento evolutivo se inicia no novo século trazendo, por um lado, as novidades contidas nas descobertas moleculares e sua aplicação na sistemática filogenética ao lado de outros parâmetros evolutivos vindos da fisiologia, da embriologia, da ecologia e da biogeografia. Estes avanços acabaram por modificar o conceito de espécie. Por outro lado, os modelos matemáticos aplicados à evolução trazem à tona as discussões sobre a questão da unidade da seleção e os possíveis princípios responsáveis pelas origens da estrutura social dos animais.

4.3.4 A ECOLOGIA E OS MODELOS TAMBÉM MAIS DEMONSTRÁVEIS

Um dos eventos mais relevantes na ecologia do final da década de 1960 foi a elaboração do conceito de metapopulação de Levins (1969). Esse pesquisador, trabalhando com modelos matemáticos para controle de pragas, desenvolveu o conceito de metapopulação como um conjunto de sub-populações isoladas espacialmente em fragmentos de habitat e unidas funcionalmente por fluxos biológicos. Esta abordagem é baseada em duas premissas da biologia de populações: (1) as populações estão estruturadas em conjuntos de populações reprodutivas locais; (2) a migração entre as populações locais tem uma influência limitada na dinâmica local, o que permite a recuperação de populações locais extintas. Tais premissas se opõem à estrutura de população panmítica assumida pelos modelos clássicos de dinâmica de população.

Este modelo assume que há um grande número de manchas de habitat; todas do mesmo tamanho, com o mesmo isolamento, unidas por migração e cada uma delas está ou não ocupada. Seu propósito é descrever a dinâmica de ocupação dessas manchas.

Por este período buscava-se a delimitação do campo da ecologia. Krebs (1972) define ecologia como estudo científico das interações que determinam a distribuição e a abundância dos organismos (ressalta a importância das interações bióticas, como predação e competição, na estruturação das comunidades). Para Ricklefs (1973) ecologia é “o estudo do ambiente natural, enfocando as inter-relações entre os organismos e seu meio circundante.”

No 1º Congresso Internacional de Ecologia em Haia, em 1974, ficou estabelecido que o verdadeiro escopo da Ecologia é o estudo das comunidades ou sinecologia (ÁVILA-PIRES, 1999). Assim, a ecologia moderna (a partir do final da década de 1970) passou a se concentrar no ecossistema, o conceito unificador da ecologia. Uma unidade funcional composta de componentes físicos (solo, água, clima e nutrientes) e de organismos (produtores, consumidores e decompositores) ambos integrados, através dos quais ocorrem o ciclo da matéria e o fluxo de energia. Os organismos são identificados como indivíduos pertencentes a uma espécie (sendo morfofisiologicamente adaptados ao meio em que vivem); vivendo

em populações (que aumentam, diminuem, se estabilizam, migram ou se extinguem); interagindo entre si (por competição e/ou cooperação) e entre as populações de espécies diferentes (com relações positivas, negativas ou neutras); ocupando um espaço específico (habitat) e desempenhando uma atividade específica neste espaço (nicho). Os ecossistemas podem ainda se encontrar e esse ponto de contato é denominado de ecótone.

Durante a década de 1980 uma nova concepção de ecologia da paisagem surgiu, influenciada pelos modelos matemáticos dos biogeógrafos e ecólogos americanos que procuravam adaptar a teoria de biogeografia de ilhas de Macarthur e Wilson (1963, 1967) para o planejamento de reservas naturais em ambientes continentais e pelas facilidades de obtenção, tratamento e análise de imagens espaciais de satélites (METZGER, 2001).

Em sincronia com esta preocupação, muitos modelos de metapopulação foram desenvolvidos tomando por base o modelo original de Levins (1969), tais como Modelo de metapopulação espacialmente implícito de Roughgarden (1997); modelo de metapopulação espacialmente estruturado - capacidade de metapopulação de Ovaskainen e Hanski (2001), ambos descritos por Gherardi (2007). O desenvolvimento da aplicação desse conceito na ecologia foi um dos elementos fundamentais da construção de uma teoria da ecologia da paisagem (METZGER, 2001).

Conforme o autor, a preocupação agora ecológica desta nova ecologia da paisagem tem como objeto de estudo as paisagens naturais ou as unidades naturais da paisagem, a conservação da diversidade biológica e o manejo de recursos naturais. A escala espaço-temporal a ser analisada é determinada pela espécie em estudo. A paisagem é, pois, uma área espacialmente heterogênea, composta por conjuntos interativos de ecossistemas, um mosaico de relevos, tipos de vegetação e formas de ocupação (METZGER, 2001). O principal foco desse estudo é a relação entre estrutura espacial da paisagem e os processos ecológicos (TURNER, 2005).

Por outro lado, a partir da década de 1980 (GHILAROV, 2001), a ecologia teórica passou a procurar combinações de modelos teóricos orientados por padrão com abordagens mecanísticas (construídas a partir de dados empíricos) que

buscam compreender os processos oriundos das características morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos organismos (SCHOENER, 1986).

E, assim, a história da ecologia caminhou em duas direções: na busca de modelos gerais e unificadores na forma de leis (ou generalizações) científicas, e um pluralismo teórico baseado nos estudos de casos. Para Kingsland (1995), esta ciência foi sempre marcada por uma tensão entre tal pluralismo e os modelos unificadores. Isto se deve ao fato dos métodos, os objetos de pesquisa e a elaboração das teorias na ecologia serem por demais heterogêneos, e, portanto, polimórfica (MCINTOSH, 1980). Para Ghilarov (2001) foi tal heterogeneidade que evitou uma teoria unificada na ecologia.

Haemig (2008) relaciona que, dentro da ecologia populacional, são reconhecidas, pelo menos, nove leis e um candidato a princípio: a lei maltusiana; lei de Allee; lei de Verhulst; lei de Lotka-Volterra; lei de Liebig; lei de Fenchel; lei de Calder; lei de Damuth; lei de Tempo de Geração; e a candidata a lei: Lei de Ginzburg.

Marco Jr. (2006), embora reconhecendo a limitação da generalização dada a diversidade da vida e sua natureza hierárquica, lembra a possibilidade da identificação de princípios gerais ou relações amplas na ecologia e também discute tentativas de produção de teoria unificadora na área. Neste sentido, aponta princípios e teorias gerais bem aceitas na ecologia para a explicação da biodiversidade: Nicho/Distribuição/Abundância (Darwin (1859), Brown (1984); Exclusão competitiva (Gause, 1934; Hardin, 1960); Distribuição de abundância lognormal (Preston, 1948, 1962, 1980) e Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson 1963, 1967).

Lawton (1999) afirma que a ecologia apresenta muitas leis oriundas de generalizações de fenômenos ou processos de recorrência regular em condições determinadas. Mas, segundo o autor, estas leis não são universais, mas, fenômenos ligados aos organismos estudados e ao meio que os cerca. Weber (1999) considera que uma lei possa ser um enunciado generalizado para um domínio restrito. O princípio da exclusão competitiva é, segundo o autor, uma generalização da teoria da competição inter-específica que tem a forma de uma lei com tais características. Murray Jr. (2001), acredita que há, na ecologia, leis universalmente verdadeiras e capazes de produzir previsões testáveis.

Também Turchin (2001) sustenta que a ecologia de populações apresenta várias proposições gerais, com a forma de leis, similares à física, como, por exemplo, a lei do crescimento exponencial, formulada por Malthus.

Para Colyvan e Ginzburg (2003), não há boas razões para sustentar a ausência de leis na ecologia, já que esta e a física apresentam leis que não são necessariamente explanatórias, podem não ter capacidade preditiva e, muitas vezes, evocam situações idealizadas.

Por sua vez, Berryman (2003) apresenta cinco princípios exclusivos da ecologia que poderiam ser transformados em 'leis' de uma grande teoria ecológica vinculada à teoria geral dos sistemas. Ao contrário, para Hansson (2003) a ecologia deve restringir-se aos estudos de casos.

Lange (2005) sustenta a ideia de uma autonomia para as leis da ecologia. Já O'Hara (2005), entende que a ecologia não precisa de leis universais, mas de generalizações amplas para elaboração de modelos de sistemas específicos. Para El Hani (2006) existem generalizações válidas na ecologia que não se limitam às leis físicas universais e podem auxiliar a elaboração de generalizações úteis para os propósitos das diferentes ciências.

Quanto à questão da presença humana na ecologia, a malograda experiência da Escola de Chicago tornou os pesquisadores mais cuidadosos. Cientistas estudando a ecologia de áreas urbanizadas apresentaram uma diferente visão da questão. Cidade e natureza talvez pudessem ser consideradas situações ecológicas diversas. A cidade representaria um meio adaptado às necessidades da espécie humana, na qual a urbanização se caracterizaria pela substituição dos ecossistemas naturais por centros de grande densidade criados pelo homem e organizado para permitir a sua sobrevivência, A espécie dominante, neste caso, seria a humana (NUCCI *et alli*, 2003). Seria, pois, um ecossistema transformado. Delpoux (1974), por sua vez, acredita que a cidade poderia ser considerada como um ecossistema desequilibrado. Já, Cavalheiro (apud NUCCI, 2007) enfatiza que, tanto os estudos sociais e de engenharia como os de ecologia, auxiliam a compreensão integrada das cidades. Para Sukopp (1973 apud NUCCI, 2007), a cidade deve expressar as condições ideais para a conservação da natureza e da paisagem, porém, sua descrição é criticada por representar a cidade

ecologicamente ideal, destituída de quaisquer relações e realizações humanas (NUCCI, 2007).

Para outros pesquisadores, como Branco (1989), o homem, não mais se submete aos princípios da seleção natural, não pertencendo a qualquer ecossistema em particular, já que transforma o ambiente segundo o seu projeto e não o da natureza. As cidades, expressando um sistema cultural não originado pelas forças seletivas da natureza, não podem ser consideradas um ecossistema. Para Morin (2000), tudo é físico e tudo é humano, resta encontrar a via da interarticulação entre as ciências. Há, assim, várias experiências interessantes que procuram compreender a cidade numa perspectiva, também, ecológica.

Barbosa e Nascimento Júnior (2009) entendem que a chegada das grandes massas populacionais aos centros urbanos tem modificado a paisagem da cidade assustadoramente e de maneira agressiva vem se instalando em espaços vazios impróprios à moradia que fazem parte de reservas ecológicas e de matas ciliares nos mananciais. No planejamento urbano há diretrizes para o uso e ocupação do solo, todavia, os princípios básicos de uma sociedade sustentável somente serão aplicados mediante a presença da participação popular na ordenação do espaço urbano expressa nas políticas públicas compatíveis com a sustentabilidade. Estamos no início dessa aventura.

4.3.5 A BIOGEOGRAFIA CLADÍSTICA E A TEORIA UNIFICADA NEUTRA DA BIODIVERSIDADE

Com respeito à biogeografia, durante a década de 1970, os adeptos da teoria da panbiogeografia agregam ao modelo de Croizat o método filogenético de Henning (1966) e, assim, a partir da combinação de panbiogeografia com a sistemática filogenética surge a biogeografia cladística ou vicariante se concentrando na busca por padrões de distribuição congruentes. (MEDINA *et alli*, 2001).

Entre ambas as teorias há grande semelhança uma vez que apresentam uma estreita correlação entre a história da biota e a história da Terra. Todavia, ainda que a base teórica seja baseada em vicariância, as teorias mantêm

diferenças não apenas nos métodos, mas também em aspectos filosóficos (COLACINO,1997).

A biogeografia cladística assume que os organismos estão localizados em suas regiões ou porque ocupavam a mesma área no passado ou vieram de outro lugar por dispersão. A primeira ideia admite que espaço e organismos modificam-se conjuntamente. A segunda está relacionada com a dispersão aleatória ou direcional. A análise biogeográfica cladística é a obtenção de cladogramas de áreas, corroborados por métodos adicionais (WILEY, 1988).

Padrões de distribuição biótica observados atualmente são o resultado de uma complexa interação entre a evolução da Terra e a evolução dos seres vivos. A aplicação de métodos modernos de biogeografia histórica, como panbiogeografia ajuda a desvendar parte desta história complexa (MEDINA *et alli*, 2001). Os métodos mais modernos combinam a análise espacial de cálculo da distância entre as coordenadas geodésicas e matrizes de conectividade para análise desse tipo de biogeografia (LIRIA, 2008).

Estas teorias, não refutam o importante papel da dispersão no processo na formação de padrões de distribuição dos organismos, mas fortalecem a vicariância. No entanto, nos casos onde a distribuição ocorreu em períodos mais recentes o modelo de MacArthur e Wilson (1963) da Biogeografia de Ilhas se apresenta bastante eficiente.

Em 2001 Stephen Hubbell propôs a Teoria Unificada Neutra da Biodiversidade – TUNB, buscando explicar os processos que governam a geração e manutenção da diversidade biológica. Este autor fez uma tentativa de aliar a abordagem de análise dos ecólogos centrada numa micro-escala espacial que reflete as características adaptativas das espécies com a análise em macro-escala dos biogeógrafos, para qual a área de distribuição, especiação e extinção de espécies têm papel fundamental e as características adaptativas possuem menor papel para explicar tais padrões (CASSEMIRO; PATIAL, 2008).

De acordo com Marco Jr. (2006) a questão da diversidade de espécies é central na história da ecologia e a TUNB é uma teoria que expressa a tentativa dos ecólogos para produzir uma teoria unificadora, mesmo considerando-se as dificuldades de generalização inerentes da complexidade dos fenômenos estudados.

Os fundamentos dessa teoria são a teoria de Biogeografia de Ilhas e os conceitos sobre abundância relativa das espécies. Parte dos argumentos que sustentam a teoria e a própria estrutura de seu modelo matemático é proveniente da Teoria Neutra de Evolução Molecular de Kimura (1983) (MARCO JR., 2006, CASSEMIRO; PATIAL, 2008).

Em sua teoria Hubbel pressupõe que:

a) Todos os indivíduos dentro de uma comunidade são “iguais” com respeito à probabilidade *per capita* de ter filhotes, morrer, migrar e de especiar (...); b) O sistema é regido por uma regra geral de limitação de recursos: o “somatório-zero” significa que uma espécie não pode aumentar sem que esse efeito seja contrabalançado com a diminuição da abundância de outras espécies presentes. O total de indivíduos por unidade de área é constante. c) Deriva ecológica. Processos estocásticos comandam as variações de abundâncias das espécies sob a restrição da limitação de recursos sob o critério acima. Como os indivíduos são equivalentes, o que se estabelece é um processo de “random walk” que determina a riqueza de espécies local (MARCO JR., 2006, p.122)

A teoria TUNB no século XXI é uma teoria que instiga amplo debate na área, com muitos pesquisadores criticando a teoria e seus modelos, mas outros tantos apresentando dados empíricos que a sustentam (CASSEMIRO; PATIAL, 2008). Marco Jr. (2006), embora trazendo também algumas críticas ao relacionar a distância entre os pressupostos da teoria e as características observadas nos ambientes naturais (não identidade dos organismos, variação de abundância total de espécie por mancha dentro da mesma comunidade e a atuação das interações como elemento que rege a dinâmica de várias populações animais e vegetais) reconhece o potencial da teoria e chega a propor questões a serem investigadas. Indicando também que o próprio Hubbel considera necessário maiores esforços para a produção de uma teoria unificada completa para a biodiversidade, esta que ainda está por ser desenvolvida, havendo já algumas tentativas.

4.3.6 A ETOLOGIA SE APRIMORA E SE ASSOCIA COM A ECOLOGIA, A DEMOGRAFIA E A NEUROFISIOLOGIA

Em meados da década de 1970 constitui-se o que Mason e Lott (1976) chamaram de “nova síntese”, enfatizando o campo da etologia como comum a fisiologia, psicologia comparativa e a etologia. A partir destas considerações estudos biológicos do comportamento são consolidados em uma disciplina vai além de descrições e de explicações causais do tipo de comportamento. Embora os estudos de comportamento dentro da tradição etológica devam começar com um período de observação e o registro detalhado de padrões de comportamento seguidos pela elaboração de um etograma, este procedimento não é suficiente para explicar o comportamento. Portanto, estudos devem ser ampliados para ser capazes de responder às perguntas básicas associadas com as causas imediatas, o desenvolvimento, a filogenia e a função biológica do comportamento animal. Muitas dessas investigações exigem experimentação em laboratório, com um rigoroso controle das variáveis e uma distância do ambiente natural. Por outro lado, mais especialistas em psicologia comparativa começam a aceitar o estudo das causas do comportamento e da evolução em conjunto com a abordagem da observação naturalista (MORENO; MUÑOZ-DELGADO, 2007).

Também a partir do início dos anos de 1970 parte da etologia estabeleceu profundos contatos com a ecologia e a demografia, principalmente, em função da teoria do forrageamento ótimo de MacArthur e Pianka (1966) e Emlen (1966). Segundo Crook (1970) a Socioecologia estuda a correlação entre as organizações sociais dos animais e seus respectivos nichos ecológicos. A Sociodemografia estuda o papel dos fenômenos sociais no controle da densidade das populações animais. Assim, de posse dessas novas áreas de estudo Crook (1970) pressupõe que a estrutura e a dispersão social, características de um determinado grupo, não devem ser concebidas exclusivamente como um atributo específico da espécie (como afirmam os etologistas clássicos) e sim como um sistema dinâmico. Para esse autor as diferenças na estrutura social que ocorrem nas relações inter-individuais, em diferentes populações de uma espécie, parecem estar associadas, principalmente, aos contrastes ecológicos.

Esta nova abordagem modifica a visão etológica clássica, já que admite uma plasticidade comportamental muito maior do que admitida pela ideia de padrão fixo de ação. Assim o estudo das organizações animais passou a considerar não apenas o indivíduo representante de sua espécie com suas peculiaridades específicas, como também o grupo todo, com suas peculiaridades próprias e a ação ambiental sobre ele.

As novas descobertas encontradas por etoecologistas e socioecologistas mostraram que nem tudo, dentro de uma organização social nos animais, é estável como apregoavam os estudos de Etologia nos anos anteriores. Na natureza ocorriam vários tipos de agrupamentos animais muito complexos e somente a descrição etológica era insuficiente para explicar a estrutura social tão diferente de cada um deles. Também, a transposição do estudo etológico de alguns indivíduos para toda a espécie não se revelou totalmente válida.

A ideia de seleção individual simplesmente atuando na eliminação do mais fraco também não era uniforme em todos os grupos.

A formação de grupos em canídeos e felídeos, por exemplo, ocorrem geralmente em resposta aos fatores ambientais (KLEIMAN; EISEMBERG, 1973), tais como a densidade superior das espécies de presas e/ou a mobilidade dessas presas. A seleção favorece a vida em grupo através da caça cooperativa. Nos primatas esta influência ambiental é bem acentuada, sobretudo, nas espécies de babuínos, que apresentam organizações sociais em função das áreas que habitam, com diferentes predadores (KUMER, 1968; DEAG, 1980). Alguns mamíferos (como os coiotes, os chacais e as hienas) e aves (como algumas crotofacinas e o pica-pau-da-castanha-do-carvalho) podem apresentar grupos temporários condicionados à oferta de alimento durante o período.

Todos os comportamentos caracteristicamente sociais desses animais (tais como, dominância, submissão, cuidado parental, jogos, “grooming” e cooperação) são fortemente influenciados pelo meio ambiental, se modificando conforme a oferta de alimentos ou a proteção contra predadores.

O próprio sistema de reprodução sofre uma profunda influência dos fatores ambientais. A monogamia, por exemplo, apresenta duas formas distintas: a monogamia facultativa (do tipo I) e a monogamia obrigatória (do tipo II). A facultativa pode ocorrer quando a espécie existe em uma densidade muito pequena, com

machos e fêmeas ocupando um espaço que somente um membro do sexo oposto se encontra disponível para a reprodução. Já a monogamia obrigatória parece ocorrer quando uma fêmea solitária não pode criar seus filhotes sem o auxílio do congênere, porém a capacidade do habitat é insuficiente, para permitir a reprodução simultânea de várias fêmeas dentro do mesmo limite de território (KLEIMAN, 1977).

A presença, muito frequente, da seleção ambiental apresenta também um conjunto de expressões comportamentais, de combinações muito diferentes que aumenta a riqueza da comunicação nas espécies sociais (como acontece em lobos em relação às raposas, por exemplo).

Assim sendo, em muitos casos, a seleção individual é substituída pela seleção familiar em lugar de favorecer o indivíduo, favorece a família (MAYNARD SMITH, 1978). Assim alguns agrupamentos animais, favorecendo o sistema de cooperação entre familiares, podem otimizar a transferência de seus genes sem o custo de energia na produção de filhotes que em grande parte seriam distribuídos pela competição individual. É claro que a seleção individual pode estar presente em agrupamentos cooperativos (como por exemplo, em pica-pau-da-castanha-do-carvalho, onde as irmãs competem pela postura de ovos).

O fato é que o estudo das organizações sociais que se iniciou com a etologia clássica, requisitou uma abordagem mais ecológica para complementar aquilo que os primeiros etólogos descreveram com tanta perícia e que os etólogos, pertinentemente, continuam descrevendo e interpretando (NASCIMENTO JÚNIOR, 1987).

Esses estudos indicaram vários motivos para o aparecimento da cooperação entre animais ligados à variações de origem ambiental e à história evolutiva das especializações ocorridas nas espécies (NASCIMENTO JÚNIOR, 1992 e 1993).

A partir desses resultados, os estudos sobre os agrupamentos animais buscam acumular dados acerca das diferentes estratégias apresentadas pelos animais na natureza e procuram elaborar modelos matemáticos que possam explicar e prever tais estratégias, tais como relatam Krebs e Davies (1993) e Volland (1993), entre outros.

Por outro lado, Tinbergen (1951) já indicava a necessidade de uma cooperação entre a etologia e a neurobiologia, uma etofisiologia, com interações de

“mão dupla” entre a etologia e a fisiologia. Com esta finalidade o termo neuroetologia foi utilizado, pela primeira vez em 1963 por Brown & Hunsperger (MARINO NETO, 1987).

Segundo Ewert (1985) a neuroetologia analisa os substratos dos mecanismos neurais do comportamento buscando esclarecer suas bases neurofisiológicas. Seus objetivos, segundo o autor, podem ser sintetizados em:

1. reconhecimento e localização de mecanismos neurais de comportamento e seus estímulos sinais;
2. sistemas de interfaces sensoriomotoras dos mecanismos liberadores e seus processos de retroalimentação ;
3. modulações destes sistemas de acordo com os estados internos e informações adquiridas;
4. regeneração de padrões motores;
5. aspectos ontogenéticos e filogenéticos destes mecanismos.

Desde meados da década de 1970, a neuroetologia se utiliza tanto das técnicas convencionais da fisiologia como das técnicas da neurociência computacional (SABBATTINI, 1977). Nos anos seguintes ela incorporou em seus procedimentos aqueles advindos da biologia celular e molecular (p.e. RIBEIRO *et alli*, 2000) . Por outro lado, o projeto genoma e seus propósitos de mapeamento dos mamíferos, no início do século XXI, deu, para alguns pesquisadores, a ideia de que o estudo do comportamento era desnecessário para o entendimento da evolução, principalmente, no quesito da Sistemática (WENZEL; NOLL, 2006).

Para estes autores, porém, este entusiasmo pelos genes é superestimado. Qualquer estudo evolutivo, ou qualquer filogenia, não tem valor sem referência a caracteres fenotípicos. Estruturas morfológicas são, presumivelmente, codificadas pelo DNA, mas elas também são influenciadas por fatores ambientais ou efeitos epigenéticos que não estão representados na sequência do gene que mais de perto se relaciona à estrutura morfológica (WENZEL; NOLL, 2006).

O avanço que, de fato, ocorreu no período entre 1980 e 2000, para a Etologia e a Ecologia Comportamental foi no campo das tecnologias de coleta de dados. O fim da guerra fria favoreceu o acesso a uma sofisticada gama de câmeras fotográficas, gravadores, binóculos, visores noturnos, submarinos e filmadoras de

grande eficiência. Potentes radiotransmissores conectados a satélites ficaram a disposição dos pesquisadores, facilitando observações, outrora praticamente impossíveis. Houve avanços, também, na informática, tanto no aumento do potencial do computador, como nos programas de armazenamento, organização e análise dos dados vindos da observação,

Ao lado desta perspectiva eto-ecológica, outras áreas de estudo têm se formado dentro da tradição etológica. Segundo Zuanon (2007), o atual foco de estudos da área está centrado nas interações entre genótipo/ambiente, fisiologia e experiência como determinantes do comportamento. Conforme a autora, um grande número de subcampos tem emergido, principalmente, a partir de 1990, buscando uma integração de aspectos psicológicos e biológicos de mecanismos de processamento de informações e tomadas de decisões pelos animais, tais como: a etologia cognitiva, a ecologia cognitiva, a psicologia evolucionária e a cognição comparativa (ZUANON, 2007).

Ainda segundo Zuanon (2007), por um lado tem ocorrido um aumento na aplicação de teorias e métodos da psicologia cognitiva na análise das causas de comportamentos. Por outro, vários modelos funcionais dos processos cognitivos têm sido elaborados, tais como a neurobiologia e os métodos comparativos modernos.

4.3.7 A SOCIOBIOLOGIA E O ESPAÇO PARA ESPECULAÇÃO

A etologia reordenada à luz da ecologia e da genética, estudadas ao nível de população, no intuito de mostrar como os grupos sociais se adaptam ao ambiente através da evolução, foi denominada por Wilson (1975) de Sociobiologia. Para este autor, os determinantes capitais da organização social são os parâmetros demográficos (taxas de natalidade, de mortalidade e tamanho de equilíbrio da população), as taxas do fluxo genético entre população e os coeficientes de relação dentro das sociedades. Tanto no sentido evolutivo como funcional estes fatores organizam os conjuntos de comportamentos dos membros do grupo. Essas forças motrizes da evolução social podem dividir-se em duas amplas categorias de

fenômenos muito diversos: (1) a inércia filogenética e (2) a pressão ecológica (WILSON, 1975).

A primeira (inércia filogenética) consiste nas propriedades básicas da população que determinam a extensão em que a evolução pode caminhar, é, pois, o limite da evolução. A pressão ambiental é o conjunto de todas as influências exteriores, tanto condições físicas (abióticas) como os seres vivos (bióticos) que se relacionam com o grupo (presas, predadores, simbiontes etc.) que constituem os agentes da seleção natural e estabelecem a direção em que a espécie evolui.

A evolução social é o resultado da resposta genética da população à pressão ecológica, dentro das limitações impostas pela inércia filogenética. Trocando em miúdos, a evolução social está alicerçada nas diferentes estratégias utilizadas por cada grupo de animais que resolvem problemas de sobrevivência em relação às suas opções ambientais.

Os sociobiologistas têm achado exemplos de diversidade filogenética que são resultados de diferenças de inércias entre linhas de evolução. Um dos mais espetaculares é a aparição restrita de comportamentos sociais superiores em insetos. Das doze ou mais ocasiões em que se tem observado uma autêntica vida colonial (eusocialismo) em insetos, somente em uma, os termites, é conhecida fora da ordem dos hymenoptera. Hamilton (1964) afirma que tal peculiaridade se deve ao sistema haplodiplóide de determinação do sexo que utilizam os himenópteros e um reduzido número de outros organismos. Uma consequência da haplodiploidia é que as fêmeas estão mais estreitamente relacionadas com suas irmãs do que com suas próprias filhas. Sendo assim uma fêmea transmitirá genes para a próxima geração com mais probabilidade criando uma irmã, que uma filha. O resultado provável da evolução é a aparição de castas de fêmeas estéreis e de uma organização colonial centrada em uma só fêmea fértil. Isto é, a condição típica das sociedades de himenópteros (WILSON, 1971).

Um importante componente da inércia é a variabilidade genética de uma população. A proporção em que uma população responde à seleção depende de tal variabilidade. A inércia se mede, então, segundo a proporção de troca das frequências relativas dos genes que já existem nas populações. Se uma troca ambiental faz com que as velhas características da organização social sejam inferiores às novas, a população pode evoluir com relativa rapidez até as novas

características , quando os genótipos apropriados puderem ser obtidos a partir do substrato genético já existente. A população evoluirá até a nova característica a uma proporção que estará em função do produto do grau de superioridade de tal característica, referindo-se à intensidade de seleção e a quantidade de variabilidade fenotípica com base genética.

O êxito ou o fracasso no desenvolvimento de um determinado mecanismo social depende da presença ou ausência de uma pré-adaptação em particular, ou estrutura preexistente, processo fisiológico ou forma de comportamento já funcional em outro contexto e que pode ser reutilizado na necessidade de uma nova adaptação. Wilson (1975) define pré-adaptação como uma força penetrante na história de todas as espécies, que cria efeitos multiplicativos alcançando todos os caminhos do comportamento social. Cada espécie, pois, tem seu comportamento determinado pelas oportunidades particulares que lhe apresenta o ambiente e carrega consigo uma variabilidade “potencial” que lhe permite, limitadamente, explorar novos ambientes. O microclima e o tipo e a disponibilidade alimentar são fatores muito importantes na orientação da evolução do comportamento social. Muitos experimentos envolvendo microclimas demonstraram que os animais desempenham seus comportamentos limitados por fatores físicos definidos. Porter e Col (1973) os demonstraram no iguano *Dipsodereis dorsalis* e muitos outros trabalhos, neste estilo, foram elaborados.

Quanto ao tipo alimentar, podemos ilustrar seu efeito através da seguinte observação: os herbívoros mantêm densidades superiores de população e áreas de distribuição pequenas enquanto que os carnívoros são escassos e utilizam grandes áreas de distribuição. O motivo é que as grandes perdas de energia devido à respiração passam, através das cadeias tróficas, das plantas para os herbívoros e desses, para os carnívoros. Em média somente 10% da energia se transfere com êxito ao nível trófico seguinte. A medida exata utilizada nesta generalização é a eficácia ecológica definida do seguinte modo:

$$\text{Eficácia ecológica} = \frac{\text{Calorias produzidas pela população que são consumidas por seus predadores}}{\text{Calorias que consome a população quando se alimenta de sua própria presa}}$$

Finalmente, para completar a ligação entre ecologia do comportamento e sociobiologia, as ações competitivas com outras espécies são capazes de interferir na evolução social das populações. Brown (1971) ilustra esta relação: nas escarpas inferiores das montanhas de Nevada povoada por vegetação muito esparsa, o carnívoro *Eutamias dorsalis* é capaz de excluir a espécie *E. umbrinus* por comportamento territorial. Nas escarpas inferiores, porém, devido à vegetação acirrada, sucede o contrário. Ocorre que no bosque espesso a *E. dorsalis* perde muito tempo perseguindo a espécie mais pacífica *E. dorsalis*, que escapa facilmente e vai dedicar-se a suas necessidades. Nessas condições a *E. umbrinus* exclui a *E. dorsalis* por triunfar na competição por alimentos.

Os componentes da inércia filogenética incluem muitos fatores anti-sociais que são as pressões da seleção tendentes a mover a população até um estado menos social (WILSON, 1972a). Tais componentes são: (1) O efeito de reprodutividade (comum em insetos) que consiste na relação quanto maior a colônia menor é a taxa de reprodução de novos indivíduos por membros da colônia. (2) A escassez crônica de alimentos (mais importante nos mamíferos) que leva o grupo a expulsar alguns de seus componentes. (3) A seleção sexual que provoca, através da polinomia, o dimorfismo sexual, que prejudica a integração dos machos nas sociedades compostas de fêmeas e filhotes. (4) A perda da eficácia e do vigor individual, provocado através da endogenia.

Finalizando, Wilson (1975) descreve no mínimo quatro aspectos de categoria comportamental ou sistemas morfológicos e fisiológicos particulares que determinam o comportamento e que governam a inércia.

Variabilidade genética (essa propriedade das populações pode causar diferenças entre população em categorias sociais de baixa inércia).

Fatores antissociais (são processos idiossincrásicos que geram inércia em diversos níveis).

Complexidade do comportamento social (quanto mais numerosos são os constituintes do comportamento mais elaborada a maquinaria fisiológica requerida para produzir cada componente, maior será a inércia).

Efeito da evolução sobre outras características (na medida em que a eficácia de outras características se vê piorada por alterações do sistema social, a inércia aumenta).

Quanto à segunda (a pressão ecológica), alguns fatores ambientais tendem a favorecer a evolução social e outros não. A defesa contra os predadores é um dos fatores que favorecem. Cada grupo teve estratégias características e, muitas vezes, extremamente sofisticadas. A formação de modos, de cardumes entre antílopes e peixes, para sua defesa contra leões e tubarões são só alguns dos exemplos mais conhecidos. A defesa do grupo aumenta sua eficácia, reduzindo a reação individual. Os predadores respondem aos mecanismos defensivos buscando indivíduos que, por motivos de saúde ou outros, se perdem do grupo.

Os mesmos estratagemas sociais utilizados para expulsar predadores podem servir também para vencer os competidores.

Além da defesa contra predadores e da superação dos competidores, a pressão ecológica pode provocar comportamentos cooperativos entre indivíduos intraespecíficos. Tais comportamentos são conhecidos como: aumento da eficácia nutritiva; penetração de novas zonas adaptativas; aumento da eficácia reprodutora; aumento da sobrevivência no nascimento; estabilidade populacional melhorada e modificação do ambiente. Cada uma dessas estratégias tem suas particularidades para cada uma das populações animais hoje existentes.

Após a discussão da importância das características comportamentais próprias de cada população e suas eventuais limitações geneticamente definidas, bem como da importância ambiental na orientação da evolução, Wilson (1975) passa a discutir os mecanismos de seleção sobre os grupos sociais e o seu produto.

A seleção natural opera em nível de grupo e, portanto, se conhece com o nome de seleção de grupo, quando afeta a dois ou mais membros da linhagem do grupo como unidade. Justamente sobre o nível de indivíduos pode-se delimitar vários desses grupos de linhagem: um conjunto de irmãos, pais e sua descendência; uma tribo de famílias estreitamente relacionadas até, ao menos, o grau de primos terceiros e assim sucessivamente.

Se a seleção atua sobre qualquer dos grupos como unidade, ela opera sobre um indivíduo afetando a frequência de genes compartilhados na descendência comum dos parentes, é, pois, a seleção familiar.

A um nível mais complexo, toda a população que se reproduz pode constituir uma unidade, pelo que as populações (demes) possuidoras de genótipos

diferentes se extinguirão diferencialmente ou disseminarão diferentes números de colonizadores. Neste caso o processo é denominado de seleção interdêmica (ou interpopulacional). A tendência diferencial à dispersão se chama seleção de migrantes.

A seleção também pode atuar a níveis de espécie ou grupos inteiros de espécies relacionadas. A seleção familiar e interdêmica puras constituem os extremos de um gradiente de seleção sobre os conjuntos sempre crescentes de indivíduos relacionados. São diferentes o bastante para requerer formas diferentes de modelos matemáticos, e seus resultados são qualitativamente desiguais. Segundo o comportamento dos organismos e suas taxas de dispersão entre sociedade, a zona de transição entre seleção familiar e interdêmica para a maioria de espécies é, provavelmente, entre 10 e 100 indivíduos. As agregações de mais de 100 estão geneticamente fragmentadas e a geometria de sua distribuição tem muita importância para suas microevolução (WILSON, 1975).

Os comportamentos mais sujeitos a seleção de grupo são aqueles que permitem uma melhor adaptação desse grupo ao ambiente através da cooperação. Tal cooperação, em biologia toma diversas formas e é originalmente conhecido como comportamento altruísta (HAMILTON, 1964). A seleção familiar é, pois, aquela mais atuante sobre o comportamento altruísta dos indivíduos componentes dos grupos, pois, em todo o reino animal, é comum serem encontrados comportamentos de sacrifício, muitas vezes total, de determinados indivíduos para com os seus parentes e, algumas vezes, para pequenos grupos.

Quando os grupos são grandes, porém, a seleção interdêmica atuante dificilmente selecionará genes altruístas se estes não se reduzirem. Isto porque, segundo o modelo de Boorman-Levitt (1972, 1973 apud WILSON, 1975) para que um gene altruísta chegue a uma frequência de 20 a 30% a maioria da população deve extinguir-se. Em última análise, segundo o autor, o papel principal da seleção interdêmica não reside em forçar a evolução de controles altruístas dependentes da densidade, e sim em servir de trampolim desde que se lancem outras formas de evolução altruísta, através da extinção diferencial e dêmica para a expansão desses genes altruístas.

Wilson (1975) identifica quatro tipos de comportamento altruísta apresentados pelos animais a partir dos resultados obtidos pelos pesquisadores

atuantes na área. São eles: (1) “antagonismo aos predadores” (o sacrifício em benefício da família); (2) “reprodução cooperativa” (onde ocorre a redução da reprodução individual para favorecer a reprodução de irmãos ou parentes); (3) “participação no alimento” e (4) Os rituais intraespecíficos de combate.

Por outro lado, Wilson (1971) sugeriu que os mesmos princípios da biologia de populações e da zoologia comparada, que têm funcionado tão bem na explicação dos rígidos sistemas dos insetos sociais, poderiam ser aplicados ponto por ponto aos vertebrados.

A teoria de Wilson apresenta, no entanto, uma dificuldade, a teoria da seleção de grupo. Formulada em 1962 por Wynne-Edwards (1986), esta teoria já sofreu muitas críticas. Dawkins (1979) foi um desses críticos. Para ele, se a ideia da seleção de grupo fosse correta, ela deveria se aplicar a todos os grupos taxonômicos, tais como os gêneros, as ordens, as classes, e assim sucessivamente. D. S. Wilson (1980) discorda. Afirmando que este tipo de seleção é fundamental. Kimura (1983), utilizando as equações de Kolmogorov, conseguiu determinar matematicamente em que condições a seleção de grupo pode superar a seleção individual. Isto acontece em espécies de baixa frequência de migração com populações divididas em grupos pequenos e múltiplos. Ideia compartilhada por Jacquard (1989). Krebs e Davies (1993), por sua vez, entendem que a seleção de grupo é uma alternativa pouco viável

A questão foi sumarizada por Lloyd (2001), para a qual há certo consenso entre os pesquisadores da área de que as condições para a ocorrência de seleção de grupo são bastante restritas, sendo, pois, muito raras na natureza.

No final do século XX, Sober & Wilson (1998), retomando o caminho da sociobiologia, apresentaram a proposta da teoria de seleção multinível. Uma nova denominação que inclui a seleção de grupo. Esta proposta considera que a seleção atua nos diversos níveis hierárquicos dos organismos, inclusive seus agrupamentos. Assim, este tipo de seleção engloba situações que vão desde os genes e os indivíduos, até o parentesco e, mesmo, o grupo, portanto desconsiderando uma unidade única de atuação da seleção natural (WILSON e WILSON, 2007). Cabe ressaltar que esta proposta ainda é inicial e a polêmica entre a seleção individual (centrada no gene, no organismo ou na família) e a seleção de grupo, continua.

Assim, este tipo de seleção não foi inteiramente descartada. Ainda permanece como proposta de revisão e desenvolvimento de conceitos que permitem uma análise mais detalhada desse tipo de seleção como uma força evolutivamente relevante (BUENO, 2008).

Por outro lado, em 1975 Wilson incluiu o homem entre os vertebrados passíveis desse estudo. E, mais tarde, tentou analisar toda a sociedade humana à luz desses novos conhecimentos (WILSON, 1978).

Para este zoólogo, tudo no homem é adaptativo e, portanto, de fundo biológico, orientado pela evolução inclusive a cooperação em grupos, o tabu do incesto, etc.. Daí, por sofrer pressões seletivas, tudo tem a sua genética parcialmente definida. A evolução da sociedade se dá por modificações adaptativas na biologia do comportamento humano, pois, o homem está sujeito à seleção do altruísmo biológico (WILSON, 1978).

As reações a esta tentativa foram muitas e intensas. Muitos autores identificaram nestas ideias concepções deterministas; políticas; e éticas. Estes autores reiteram que, em que pese o valor da sociobiologia na contribuição do esclarecimento de comportamentos de animais, não é possível utilizá-la na análise da sociedade humana por essa não possuir as pressões seletivas, a seleção familiar, a inércia filogenética etc., conceitos fundamentais para uma análise sociobiológica (NASCIMENTO JÚNIOR, 1983b).

Ao fim dos anos da década de 1980, Wilson se recolheu ao debate acerca da possível natureza humana e a sociobiologia se concentrou no estudo das estratégias sociais dos sistemas animais. Seu propósito passou a ser o acúmulo de dados sobre a evolução e a ecologia dos agrupamentos animais para, quem sabe no futuro, se estabelecer uma teoria mais fundada em dados e menos em especulações. Os adeptos de Wilson, no entanto, não se deram por vencidos. O aprofundamento desta questão não é, porém, uma preocupação deste trabalho. Talvez seja suficiente mencionar apenas que alguns aspectos da atual psicologia evolutiva e da moral evolucionista parecem apresentar algumas reminiscências da Sociobiologia. O primeiro termo foi criado por Ghiselin(1973) para designar aspectos evolutivos do comportamento humano. Já, no que diz respeito à discussão de uma origem biológica da moral, Joshua Greene e Marc Hauser são bons exemplos (segundo BIRCHAL, 2009).

Estes novos estudos sobre a seleção multinível retomaram a voz de Wilson, trazendo, novamente à tona, a discussão sobre o homem. Mas, sem o radicalismo de outrora e num outro momento histórico, não parecem ter causado a polêmica ideológica dos tempos passados. Um caso para se pensar.

4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

O padrão científico da biologia no século XX se caracterizou pela dualidade entre as áreas experimentalistas desta ciência e aquelas mais descritivas e dedutivas. As primeiras caminharam na direção do aprofundamento sobre os mecanismos moleculares do fenômeno vida. As últimas mais concentradas na resolução das questões da biologia por linhas históricas. Assim, o mundo da biologia das estruturas e funções dos genes, células e organismos, é o mesmo mundo mecânico criado por Descartes. Mas, também da biologia, é o mundo das transformações, adaptações e combinações, que produz novas populações e espécies e novas interações dessas populações entre si e com o meio em que vivem. É o mundo histórico da evolução e da ecologia, criado a partir do pensamento hegeliano. Estes dois olhares, nos quais todos os outros elementos se inserem, caracterizam a ontologia da biologia.

A partir desses olhares sobre o mundo, o ser vivo passou a ser pensado, tanto como mecanismo quanto como processo. E, destas perspectivas se foram construindo os conhecimentos da biologia.

Estas ideias experimentalistas expressavam uma maior afinidade com as teorias e leis da física e com sua visão de mundo mecanicista e reducionista, enquanto que as de origem histórica buscavam explicações dos fenômenos biológicos, ressaltando as interações entre indivíduos e populações e destes com o ambiente.

Ao final das sete primeiras décadas do século XX, os saberes da biologia poderiam ser articulados em uma definição geral. A Biologia é, pois, a ciência que estuda os seres vivos como seres constituídos de células, cujo funcionamento ocorre por reações químicas, que tem como papel a utilização da

energia e da matéria disponível na natureza. Tal energia é usada para realizar os trabalhos que mantêm a ordem do sistema, evitando a entropia imediata e a retardando ao longo do tempo.

Os seres vivos são constituídos de células sendo alguns de uma única célula e outros de imensas populações celulares especializadas que interagem, constituindo os tecidos, organizações celulares especializadas que se combinam com outras igualmente complexas, formando estruturas denominadas órgãos. Ao conjunto desses órgãos, que apresentam funções complementares, se denominou sistema ou aparelho funcional. Todos estes sistemas trabalham em conjunto, buscando a energia e matéria armazenada na natureza, distribuindo-as por todas as células desse conjunto, inativando e eliminando os resíduos tóxicos produzidos pelo processo. Mantendo, pois, o meio interno em equilíbrio dinâmico. A fisiologia seria entendida como o conjunto de operações realizadas pelo organismo cujo propósito é a manutenção do equilíbrio do meio interno. A este conjunto de sistemas capaz de manter sua estrutura constitutiva através do sincronismo de funções dá-se o nome de organismo. Estas reações que ocorrem no organismo, também, fornecem energia para que o sistema transmita suas características a seus descendentes por reprodução, através de fatores (genes) que se manifestam de diferentes formas (em dupla -- e transmitidos de forma independente, em grupos, em blocos); constituídos por moléculas especiais -- os ácidos nucléicos, capazes de construir outras moléculas através de modelos pré-determinados.

Estes seres são todos relacionados entre si (aparentados) por terem um ancestral comum, os quais têm seu grau de parentesco identificado por suas semelhanças. O conjunto de semelhanças mais próximo entre os indivíduos identifica uma espécie. Alguns indivíduos da espécie sofrem mudanças casuais no conteúdo genético e apresentam diferenças em relação aos outros da sua espécie. Tais diferenças genéticas podem ou não ser selecionadas pelo meio, favorecendo, a partir de uma espécie (ancestral), o aparecimento de outra espécie. Além disso, os indivíduos, as populações (de indivíduos) e as espécies se relacionam com o meio ambiente físico (solo, clima, água e topografia) e entre si (cooperação e competição) e com outras espécies (competição, predação, parasitismo e cooperação). Este sistema de relações, cuja fonte inicial de energia é o sol, é denominado ecossistema. Uma definição menos sistêmica deste tipo de ambiente é a paisagem.

Após esta definição elaborada a partir da reconstrução histórica da biologia, parece ter sentido concluir que a unidade biológica é constituída de cinco componentes: o gene e/ou o conjunto de genes, a célula, o organismo, a espécie e o ecossistema e/ou a paisagem. A formulação teórica destes componentes é, pois, a teoria da herança (genética e epigenética), a teoria celular, a teoria da homeostase, a teoria sintética da evolução e a teoria ecológica (dos ecossistemas ou da paisagem).

A partir do início da década de 1970, as novas tecnologias da biologia molecular e a bioinformática passaram a participar do estudo dos ramos evolutivos e ecológicos, com um certo sucesso. No entanto, embora o capítulo expresse a presença maciça da atividade experimentalista nestas áreas nas últimas décadas do século, o próximo capítulo acena para algumas controvérsias de cunho epistemológico e social nesta tentativa de reducionismo da biologia. Algumas especulações sobre a biologização da sociologia tentaram reavivar o darwinismo social, mas sofreram resistência por parte de academia.

4.5 REFERÊNCIAS

ACOT, P. **História da Ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

ALMEIDA, M. E. de. Guerra e desenvolvimento biológico: o caso da biotecnologia e da genômica na segunda metade do século XX. **Rev. Bras. Epidemiol**, v.9, n.3, p. 264-282, 2006.

AMADOR, F. As Controvérsias Científicas Na História Da Ciência. **REU**, Sorocaba, SP, v. 35, n.2, p. 17-31, dez. 2009

AMORIM, D. de S. **Fundamentos de Sistemática Filogenética**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2002

ANDRADE, Z. A. Perspectivas da Medicina no Século XXI. **Gazeta Médica da Bahia** n.78 (Suplemento 1), p.2-6, 2008.

ARAÚJO, A. M. de. O salto qualitativo em Theodosius Dobzhansky: unindo as tradições naturalista e experimentalista. **História, Ciências, Saúde. Manguinhos.**, vol. VIII, n.3, p. 713-726, set.-dez. 2001.

ASSIS, M. F. L. de, SANTOS, E. C. de O.; JESUS, I. M. de, JESUS, M. I. de; PINTO, W. V. de; MEDEIROS, M. R. L. F.; SILVA, D. F. L. da. Uso da cultura de células em testes diagnósticos laboratoriais em Medicina e biologia. **Ad. Saúde Colet., Rio de Janeiro**, v.15, n. 3, p. 425 - 432, 2002.

ASTORGA, J. G. Breve Cronologia da Genética. **Ciências**. N.63, p.70-77, set. 2001.

AVERY, O. T.; MACLEOD. C. M.; McCARTY, M. Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types [1944]. IN: PETER, J. (Ed.). **Classic Paper in Genetics**. New Jarsey: Prentice-Hall, 1968.

AZEVEDO, N.; FERREIRA, L. O.; KROPF, S. P.; HAMILTON, W. S. Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica: A Via Brasileira da Biotecnologia. **DADOS – Revista de Ciências Sociais**, Rio de Janeiro, Vol. 45, nº 1, p. 139-176, 2002.

ÁVILA-PIRES, F. D. de. **Fundamentos históricos da ecologia**. Ribeirão Preto: Holos,1999, 278p.

BARBOSA, V.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. O pensamento ecológico como parte de uma reflexão para a discussão sócio-ambiental. **Revista Assentamentos Humanos**, Marília, v. 8, n.1, p.75-87, 2006.

BARBOSA, V.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Paisagem, Ecologia Urbana e Planejamento Ambiental. **Geografia** (Londrina), v. 18, n.2, p.21-36, 2009.

BATESON, W. e SAUNDERS, E. R. 1902. Experiments in the physiology of heredity. Reports to the Evolution Committee of the Royal Society, n.1, p.1-160. In: R.C. PUNNETT (ed.), **Scientific Papers of William Bateson**. Cambridge: Cambridge University Press, 1928; New York, Johnson Reprint, 1971, vol. 2, p. 29-68.

BEADLE, G. W.; BEADLE, M. **Introducción a la nueva genética**. 2ª ed. Argentina: EUDEBA, 1973.

BEADLE, G. W.; TATUM, E.L. Genetic control of biochemical reactions in Neurospora. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, V.27, p.499-506, 1941.

BERGET, S. M.; MOORE, C.; SHARP, P. A. Spliced segments at the 5' terminus of adenovirus 2 late mRNA* (adenovirus 2 mRNA processing/5' tails on mRNAs/electron microscopy of mRNA-DNA hybrids). **Proc. Nati. Acad. Sci. USA** v. 74, n. 8, pp. 3171-3175, Aug., 1977.

BERRYMAN, A. A. On principles, laws and theory in population ecology. **Oikos**, v. 103, p. 695-701. 2003.

BIRCHAL, T. DE S. Joshua Greene e Marc Hauser nas fronteiras da filosofia: a moral das morais evolucionistas. **Etic@**, Florianópolis, v.8, n.3, p.89-100, mai. de 2009.

BOTSTEIN, D.; WHITE, R. L.; SKOLNICK, M.; DAVIS, R. W. Construction of a Genetic Linkage Map in Man Using Restriction Fragment Length Polymorphisms. **Am J.Hum. Genet.** V. 32, p. 314-331, 1980

BRANCO, S. M. **Ecosistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. São Paulo: Edgar Bluchaer, 1989, 141p.

BREATHNACH, C. S. Charles Scott Sherrington's Integrative Action: a centenary notice. **Journal Of The Royal Society Of Medicine**, V. 97, Jan., 2004.

BRENNER, S., JACOB, F.; MESELSON, M. An unstable intermediate carrying information from genes to ribosomes for protein synthesis. **Nature**, v.190, p. 576–581, 1961

BRISTOW, A. F.; BARROWCLIFFE, T.; BANGHAM, D. R. Standardization of biological medicines: the first hundred years, 1900 -2000. **Notes e Records of The Royal Society**, n.60, p. 271-289, 2006.

BRITTEN, R. J.; DAVIDSON, E. Gene regulation for higher cells: a theory; **Science**, v. 165, p. 349–357,1969.

BROW, J.H. Mechanisms of competitive exclusion between two species of chipmunks. **Ecology**, v. 52, n.2, p. 305-311, 1971.

BROWN, R. E. A Standardized Procedure for Echoencephalography and for Analyzing Echoencephalograms. **Le Journal de L'Association Médicale Canadienne**. v. 96, n. 20, May, 1967.

BUENO, M. R. S. **Níveis de Seleção: uma avaliação a partir da teoria do “gene egoísta”**. 2008. 111 f. Dissertação – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BURGH DAYLI, I. de. The Second Bayliss-Starling Memorial Lecture Some Aspects Of Their Separate And Combined Research Interests. **Journal Physiology**, v. 191, p. 1-23, 1967.

CAIRNS-SMITH, A. G. **Genetic takeover and the mineral origins of life**. Cambridge: University Press. 1982.

CAMPOS, E. M. Emergência da Bioquímica – Interacção das culturas química e biológica. **Revista Lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde**. V.3, n., p.19-36, 2006.

CANNON. W. B. Organization for Physiological Homeostasis. *Physiological Reviews*, Vol. 9, Issue 3, 399-431, July 1, 1929

CAPEL, H.; URTEGA, L. **Las nuevas geografías**. Madrid: Aula Abierta Salvat, 1984, 64p.

CARTER, G. S. **Cem anos de evolução**. A verdade sobre o darwinismo. São Paulo: IBRASA, 1959.

CASSEMIRO, F. A. S.; PATIAL, A. A. Teoria neutra da biodiversidade e biogeografia. **Oecol. Bras.**, v. 12. n.4, p. 706-719, 2008.

CASTLE, W. E. The laws of Galton and Mendel and some laws governing race improvement by selection. **Proc. Amer. Acad. Arts Sci.** n. 35, p. 233–242, 1903.

CELINO, J. J.; MARQUES, E. C. DE L.; LEITE, O. R. Da Deriva dos Continentes a Teoria da Tectônica de Placas: uma abordagem epistemológica da construção do conhecimento geológico, suas contribuições e importância didática. **Geo. Bras.** v.1, p. 1-23, 2003.

CHAMBERS, N.K.; BUCHMAN, T. Shock at the millennium II – Walter B. Cannon and Lawrence J. Henderson. **Shock**, v. 16, n. 4, p. 278-284, 2001.

CHOW, L. T.; GELINAS, R. E.; BROKER, T. R.; ROBERTS, R. J An Amazing Sequence Arrangement at the 5' Ends of Adenovirus 2 Messenger RNA. **Cell**, v. 12, p.1-8, sept., 1977.

CLAROS, M. G. Evolución histórica de la Biología (III): de la vida físico-química a la bioquímica (siglo XIX). **Encuentros en la Biología**, v. 80, p. 4-6. 2002a. Disponível em:

<<http://www.uma.es/estudios/centros/Ciencias/publicaciones/encuentros/encuentros80/historia3.htm>>. Acesso em: 11/03/2010.

CLAROS, M. G. Evolución histórica de la Biología (IV): la edad de oro de la bioquímica (siglo XX). **Encuentros en la Biología**, v. 83, p. 5-6, 2002b. Disponível em:

<<http://www.uma.es/estudios/centros/Ciencias/publicaciones/encuentros/encuentros83/histociencia.html>>. Acesso em: 11/03/2010.

CLAROS, M. G. Aproximación histórica a la biología molecular a través de sus protagonistas, los conceptos y la terminología fundamental. **Panace@**, v. IV, n.º12. p.168-179, Jun. 2003

CLEMENTS, F. E. Nature and Structure of the Climax. **Journal of Ecology**. V.24, nº1. p. 252-284. Feb., 1936.

COCKERHAM, C. C. An extension of the concept of partitioning hereditary variance for analysis of covariances among relatives when epistasis is present. **GENETICS**, n. 89, Nov, p. 859-882, 1954.

COHEN, S. N.; CHANG, A.C. Y.; BOYER, H. W.; HELLING, R. Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids In Vitro (R factor/restriction enzyme/transformation/endonuclease/antibiotic resistance). **Proc. Nat. Acad. Sci. USA**, V. 70, N. 11, p. 3240-3244, Nov., 1973.

COLACINO, C. Leon Croizat's Biogeography And Macroevolution, Or..."Out Of Nothing, Nothing Comes". **Philipp. Scient**. V.34, p 73-88, 1997.

COLYVAN, M.; GINZBURG, L. R. Laws of nature and laws of ecology. **Oikos**, v. v.101, n.3, p. 649-653, 2003.

COUTINHO, M. O nascimento da Biologia Molecular: Revolução, Redução e Diversificação – um ensaio sobre modelos teóricos para descrever mudança científica. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 15, n.3, p. 43, set./dez., 1998.

CRAIG, W. Appetites and versions as constituents of instincts. **Biol. Bull.** Woods Hole, n. 34, p. 91-107, 1918.

CROIZAT, L. **Space, time and form: The biological synthesis.** Publicado pelo autor, Caracas. 881 p., 1964.

CROIZAT, L., NELSON, GY ROSEN, D E. Centers of origin and related concepts. **Systematic Zoology**, v. 23, n. 2, p.265-287. 1974,

CROOK, J. H. Social organization and the environment: aspects of contemporary social ethology. **Anim. Behav.** v.18, p.197-209, 1970

CUNHA, W. H. de A. Introdução ao desenvolvimento histórico e aos princípios básicos da etologia. IN: I ENCONTRO PAULISTA DE ETOLOGIA, **Anais.** Jaboticabal, p.01-33, 1983.

DAMINELI A; DAMINELI, D. S. C. Origens da vida. **Revista Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007.

DAWKINS, R. **O Gene Egoísta.** Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

DAWKIN, M. S. **Explicando o comportamento animal.** São Paulo: Editora Manole LTDA, 1989.

DEAG, J. M **O comportamento social dos animais.** São Paulo: Editora da USP, 1980.

DEL CONT, V. Francis Galton: eugenia e hereditariedade. **Scientiae studia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 201-18, 2008.

DELPOUX, M. Métodos em questão: ecossistema e paisagem. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 23p, 1974.

DOBZHANSKY, T. Genetics of natural populations IX. temporal changes in the composition of populations of *Drosophila pseudoobscura*. **GENETICS**, n.28, Mar, p.162-186, 1943.

DRETS, M. E. Una saga citogenética: El descubrimiento de los métodos de bandeo cromosómico. Significado y proyección bio-médica. **Rev. Med. Uruguay** v.18, p. 107-121, 2002.

EIBESFELDT, I. E. **Etologia**. Introducción al estudio comparado del comportamiento. Barcelona: Ediciones Omega, 1974.

EL-HANI, C.N. Generalizações Ecológicas. **Oecol. Bras.**, v.10, n.1, p. 17-68, 2006.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, v.30, n.2, p.297-307, 2007.

EMLEN, J. M. The role of time and energy in food preference. **The American Naturalist**, v.100, n.916, p. 611-617. 1966.

EVANS, R. I. **Construtores da Psicologia**. São Paulo: EDUSP, 1979.

EWERT, J-P. Concepts in vertebrate neuroethology. **Animal Behaviour** v. 33, n. 1, p.1-29, Feb., 1985.

FALCONER, D S.. Selection for phenotypic intermediates in *Drosophila*. **J Genet**, n.55, p. 551–561, 1957.

FERNANDES-MATIOLI, F. M. de C. Noções de filogenética molecular. **Biológico**, São Paulo, v.63, n.1, p.37-38, jan./dez., 2001

FERRIS, J. P.; HAGAN, W. J.; HCN and chemical evolution: the possible role of cyano compounds in prebiotic synthesis. **Tetrahedron**. N.40, p. 1093-1120, 1984.

FERRIS, J. P.; JOSHI, P. C.; EDELSON, E. H.; LAWLESS, J. G.; HCN: A plausible source of purines, pyrimidines and amino acids on the primitive earth. **Journal of Molecular Evolution**. n. 11, p. 293-311, 1978.

FIGUEIREDO, R. C. Organismos Geneticamente Modificados: Uma Revisão. **AC&T CIENTÍFICA**, v. 3, n.1, nov.2009. Disponível em: <<http://www.ciencianews.com.br/revistavirtual/artigorita.pdf>>. Acesso em: 06/09/2010.

FISHER, R.A. Frequency distribution of the values of the correlations coefficients in samples from an indefinitely large population. **Biometrika**, nº 10, p.507-52, 1915.

FISHER, R. A. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. **Trans. R. Soc. Edinb.**, v.52, p.399-433, 1918.

FISHER, R. A. **The genetical theory of natural selection**. Oxford: Clarendon Press, 1930. 272p.

FISHMAN, M.C. Sir Henry Hallett Dale and the Acetylcholine Story. **Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 45, p.104-118, 1972

FOLKOW, B. Increasing Importance of Integrative Physiology in the Era of Molecular Biology. *News In Physiological Science*, 9:93-95, 1994.

FONTANA, V.; PUHL, A. C.; PEDRINI, F.; FALKENBERG, M.; COFRE, J. O conceito de gene está em crise. A farmacogenética e a farmacogenômica também? **Biotemas**, v.19, n. 3, p. 87-96, set., 2006.

FORE JUNIOR, J.; WIECHERS, I. R; COOK-DEEGAN, R. The effects of business practices, licensing, and intellectual property on development and dissemination of the polymerase chain reaction: case study. **Journal of Biomedical Discovery and Collaboration**. v.1, n.7, p.1-17, 2006.

FORMEMRS, B.S. Sir Bernard Katz. **Biographical memoirs Fellows of The Royal Society**. N.20, Apr. 2003

GARCIA-CAIRASCO, N. Fisiologia Integrativa na Era da Biologia Molecular. **Revista Eletrônica Cérebro & Mente**. n.7, Set./Nov., 1998. Disponível em: <<http://www.cerebromente.org.br/n07/opiniaofisiologia/fisio2.htm>>. Acesso em: 11/02/2010.

GARCIA-CAIRASCO, N. Neurociencias integrativa en la Era de la Genómica: Epilepsia Experimental como modelo y Neuroinformática como solución. **Salud Uis**, Colombia, v. 33, p. 277-281, 2002.

GENETICS. The Birth of Genetics. Mendel – De Vries – Correns – Tschermarck. **Supplement to Genetics – A Periodical Record of Investigations. Bearing on Hereditary and Evolution**. New York: Brooklyn Botanic Garden, Brooklyn 25, 1950.

GHERARDI, D. F. M. Modelos de metapopulação. **Megadiversidade**, v.3. N.1-2, Dezembro, p. 57-63, 2007.

GHILAROV, A.M. The changing place of theory in 20th century ecology: from universal laws to array of methodologies. **Oikos**, v. 92, p. 357-362. 2001.

GHISELIN, M. T. Darwin and Evolutionary Psychology: Darwin initiated a radically new way of studying behavior. **Science** 9, March, v. 179. n. 4077, p. 964 – 968, 1973

GREGORY, R. A. The Bayliss-Starling Lecture 1973 - The Gastrointestinal Hormones: A Review Of Recent Advances. **Journal Physiology**, n. 241, pp. 1-32, 1974.

GRIMM, V. Mathematical models and understanding in ecology. **Ecological Modelling**, v. 75/76, p. 641–651, 1994.

GOULD, S. J. Humbled by the genome's mysteries. **The New York Times**. 19.fev. 2001.

GUTIÉRREZ, R.R.; SUARÉZ, L.; GUAZO, L. Eugenia, herencia, selección y biometría en la obra de Francis Galton. **ILUIL**, v.25, p. 85- 107, 2002.

HAEMIG, P.D **Leis da Ecologia Populacional**. ECOLOGIA. INFO 23. 2008. Disponível em: < <http://www.ecologia.info/leis-ecologia-populacional.htm>>. Acesso em: 23/02/2010.

HALDANE, J.B.S. The interaction of nature and nurture. **Ann. Eugen.** N.13, p. 197-205, 1946.

HAMILTON, W. D Geometry for the selfish herd. **Journal Theoretical Biology**, v. 31, n. 2, p. 295-311, 1971a.

HAMILTON, W. D Selection of selfish and altruistic behavior in some extreme models. IN: EISENBERG, J. F.; DILLON, W. S. (eds.) **Man and beast: comparative social behavior**, p. 57-91, 1971b

HAMILTON, W. D Selfish and spiteful behaviour in an evolutionary model. **Nature**, London, v. 228, n.5277, p. 1218-1220, 1970.

HAMILTON, W. D. The Genetical theory of social behaviour I. **Journal of theoretical biology**, v.7, n.1, p.1-52, 1964.

HANAHAN, D.; WAGNER, E. F.; PALMITER, R. D. The origins of oncomice: a history of the first transgenic mice genetically engineered to develop cancer. **Genes & Development**. v.21, p. 2258-2270, 2007.

HANSSON, L. Why ecology fails at application: should we consider variability more than regularity? **Oikos**, v. 100, p. 624-627. 2003.

HARDY, G.H. Medelian proportions in a Mixed Population [1908]. IN: PETER, J. (Ed.). **Classic Paper in Genetics**. New Jersey: Prentice-Hall, 1968.

HARLAN, H.V. ; M.N. POPE. The use and value of back-crosses in small-grain breeding. **J. Hered.** n.13, p. 319-322, 1922.

HAVEN. K. **100 Maiores Descobertas Científicas de Todos os Tempos**. São Paulo: Ediouro, 2008.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.28, p.476-490, 1943.

HAZEL, L.N.; LUSH, J.L. The efficiency of three methods of selection. **Heredity**, v.33, p. 393-399, 1942.

HENDERSON, J. Ernest Starling and 'Hormones': an historical commentary. **Journal of Endocrinology**, n. 184, p. 5–10, 2005.

HENNING, W. **Phylogenetics systematics**. Urbana, Ill, University of Illinois Press, 1966.

HERSHEY, A.D. & CHASE, M. Independent Functions of Viral Protein and Nucleic Acid in Growth of Bacteriophage. **J. Gen. Physiol.** v. 36, p. 39-56, 1952.

HILLIER, S. G. 100 years of hormones: pathway biology as the fifth force in endocrinology. **Journal of Endocrinology**, n. 184, p. 3–4, 2005

HIRATA, S.; SHODA, T.; KATO, J.; HOSHI, K. Isoform/variant mRNAs for sex steroid hormone receptors in humans. **Trends in endocrinology and metabolism: TEM**, v.14, n. 3, p. 124-129, 2003.

HOLMES, F. L. **Meselson, Stahl, and the replication of DNA: a history of the most beautiful experiment in biology.** New Haven & London, 2001.

HSUEH, A J W; BOUCHARD, P; BEN-SHLOMO, I. Hormonology: a genomic perspective on hormonal research. **Journal of Endocrinology**, n. 187, p. 333–338, 2005.

HUTCHINSON, G.E. **An Introduction to Population Ecology.** Yale University Press, New Haven, 1978.

HUTT, S. J.; HUTT, C. **Observação direta e medida do comportamento.** São Paulo: EPU, EDUSP, 1974.

JACOB, F.; MONOD, J. Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins. **Journal of Molecular Biology.** V. 3, p. 318-356, 1961.

JACQUARD, A. **A Herança da Liberdade.** São Paulo, Martins Fontes, 1989.

JBC. **Sobre JBC - History.** Disponível em: <<http://jcb.rupress.org/site/misc/about.xhtml>>. Acesso em: 15/03/2010.

JOBE, P. C., The Essential Role of integrative Biomedical Sciences in Protecting and Contributing to the Health and Well Being of our Nation. *The Pharmacologist*, 10(1): 32-37, 1998,

JOHANNSEN, W. O. Conception do Genotype do Heredity. **The American Naturalist** , v.45, n.531, p.129-159, 1911.

KELLER E. F. Decoding the genetic program: or, some circular logic in the logic of circularity *In*: Beurton, P.; Falkan, R. & Rheinberger, H-J. (Ed.). **The concept of the gene in development and evolution: historical and epistemological perspectives.** Ed, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, p. 159-177, 2000a.

KELLER, E. F. **The century of the gene**. Massachusetts: Harvard University Press, Cambridge, USA. 192p., 2000b.

KEMPTHORNE, O. The Correlation between Relatives in a Random Mating Population. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, **Biological Sciences**, V. 143, N. 910, p. 103-113, dec. 1954.

KERR, W. E. William D. Hamilton e a Evolução do Comportamento Social e do Altruísmo. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, n.2, p.509-510, 2000.

KILGORE, E.J; ELSTER, A. D. Walter Dandy and the history of Ventriculography. **Radiology**, v. 194, n. 3, p. 657-660, Marc., 1995.

KIMURA, M. Evolutionary rates at the molecular level. **Nature**, v. 217, p.624-626, 1968.

KIMURA, M. Diffusion model of intergroup selection, with special reference to evolution of an altruistic character (population genetics/sociobiology/stochastic process). **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**. Vol. 80, p. 6317-6321, October, 1983.

KINGSLAND, S. **Modeling Nature: Episodes in the History of Population Ecology**. The University of Chicago Press, Chicago. 1995.

KLEIMAN, D. G. Monogamy in mammals. **Q. Rev. Biol**, v.52, p. 39 -69, 1977.

KLEIMAN, D. G.; EISEMBERG, J. F. Comparisons of canid; felid social systems from an evolutionary perspective. **Animal Behavior**, v. 21, p. 637-659, 1973.

KOHLER JUNIOR, R. E. The Enzyme Teory and Origin of Biochesmitry. **Isis**, v. 64, n. 2, p. 181-196, Jun., 1973.

KORNBERG, A. La síntesis del ADN (1968). In: **Facetas de la Genética**. Seleccionadas de Scientific American. Madrid: H. Blume ediciones, 1978.

KREBS, C. J. **Ecology**. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper International Edition. 1972.

KREBS, C. J. ; DAVIES, N. B. **An Introduction to Behavioural Ecology**. 3rd ed. London:Blackwell Scientific Publications, 1993.

KUMER, H. **Social organization of *Hamadryas baboons***: a fields study. Chicago: University of Chicago Press, 1968.

LACADENA, J.R. Conmemorando un Siglo de Genética (1900-2000). **Anal. Real Acad. Farm**, v. 66, n. 4, p. 1-59, 2000.

LANCHBURY, J. S. The Human Genome Project. **British Journal of Rheumatology**, v.37, p.119–125, 1998.

LANDER, E.W. et alli. Initial sequencing and analysis of the human genome. International Human Genome Sequencing Consortium. **Nature**, v. 409, n. 6822, p. 860-921, fev. 2001.

LANGE, M. Ecological laws: what would they be and why would they matter? **Oikos**, University Press, Oxford, v.110, p.394-403. 2005

LAWTON, J.H. Are there general laws in ecology? **Oikos**, v.84, p.177-192, 1999

LEITE, M. Hegemonia e crise da noção de “gene” nos 50 anos do DNA. IN: ANAIS do 49º CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, Águas de Lindóia, 2003.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 1, n. 2, p. 97-108, 2001

LEVINS, R. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v. 15, p. 237-240, 1969.

LEWONTIN, R. C. **It ain't necessarily so**: The dream of the human genome and other illusions. Nova York: New York Review Books, 2000

LIMA, R. da S.; AFONSO, J. C. PIMENTEL, L.C.F Raios-x: fascinação, medo e ciência. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 1, p.263-270, 2009

LINDEMAN R.L .The trophic-dynamic aspect of ecology. **Ecology**, v.23, p.399-418, 1942.

LIRIA, J. Sistemas de información geográfica y análisis espaciales: un método combinado para realizar estudios panbiogeográficos. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 79, p. 281- 284, 2008.

LLOYD, E. Units and Levels of Selection: An Anatomy of the Units of Selection Debates. In: SINGH, R. et alli. **Thinking About Evolution: Historical, Philosophical, and Political Perspectives**. Cambridge: Cambridge University Press, vol. 2, p. 267-291, 2001.

LORENZ, K. **Civilização e Pecado**. São Paulo: Artenova, 1973.

LORENZ, K. **On aggression**. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1966.

LORENZ, K. The companion in the bird's word. **Auk**. N.54, p. 245-273, 1937.

LORENZ, K. The Evolution of Behavior. **Scient. Amer.** V. 199, n. 6, p. 67-78, 1958.

LORENZ, K.; TINBERGEN, N. Taxis und Instinkthandlung in der Eirollbewegung der Graugans. **I. Z. Tierpsychol**, v. 2, p. 1-29, 1938.

LORENZANO, C. La estructura ejemplar de la bioquímica. **Revista de Filosofía**. v. 32, N. 1, p.7-31, 2007

LOTKA, A.J. **Elements of Physical Biology**. Williams & Wilkens, Baltimore, USA, 1925.

MACARTHUR, R.H. Patterns of species diversity. **Biol. Rev.**, v. 40, p. 510-533, 1965.

MACARTHUR, R.H. Population effects of natural selection. **Amer. Natur.**, v. 95, p. 195-199, 1961.

MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On optimal use of a patchy environment. **American Naturalist**, v.100, p. 603-609, 1966.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. An equilibrium theory of insular zoogeography, **Evolution**, v.17, p.373-387, 1963.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MACCALLUM, W. G. **Biographical Memoir Of Harvey Cushing 1869-1939**. Biographical memoirs, volume XXII—Third Memoir Presented To The Academy At The Autumn Meeting, National Academy Of Sciences Of The United States Of America, 1940.

MANCINELLI, L., CRONIN, M., SADEE, W. Pharmacogenomics: The Promise of Personalized Medicine. **AAPS PharmSci**. V.2, n1, 2000. Disponível em: <<http://www.aapsj.org/view.asp?art=ps020104>>. Acesso em: 05/06/2010.

MAEHLE, A. "Receptives substances": John Newport Langley (1852-1925) and his Pat to receptor theory of drug action. **Medical History**, n.48, p. 153-174, 2004.

MARCO JÚNIOR, P. Um longo caminho até uma Teoria Unificada para a Ecologia. **Oecol. Bras.** V.10, n.1, p. 120-126, 2006

MARCOLIN, N. Um universo muito pequeno. **Revista de Pesquisa da FAPESP** on line edição 84, 2p. Fev., 2003.

MARCOVICH, A. Formas do vivo e no vivo: imitar e/ou reproduzir a vida. **Scientiae studia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 117-37, 2008

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Omega, 1986.

MARINO NETO, J. Uma introdução à neuroetologia. IN: V ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, **Anais**, p.101-110, Jaboticabal, 1987.

MARROIG, G. . **Conceitos de espécies**. 2003. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila IB-USP).

MARTINS, L. A. P. **A teoria cromossômica da herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação**. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular). 1997. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia, Campinas, 1997a.

MARTINS, R. de A. Investigando o invisível: as pesquisas sobre raios X logo após sua descoberta por Röntgen. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**. N.17, p. 81-102, 1997b.

MARTINS, L. A. P. Bateson e o Programa de Pesquisa Mendeliano. **Episteme**, Porto Alegre, n. 14, p. 27-55, jan./jul. 2002.

MARTINS, L. A. P. Weldon, Pearson, Bateson e a controvérsia mendeliano-biometricista: uma disputa entre evolucionistas. **Filosofia Unisinos**, v. 8, n.2, p. 170-190, mai/ago, 2007

MATAGNE P. Aux origines de l'écologie, **INNOVATIONS**, n° 18, p.27-42, 2003.

MATHER, K; HARRISON, B J. The manifold effect of selection. **Heredity**, n.3, p.1–52, 131–162, 1949.

MATHER, K. **Genetical control of stability in development**. **Heredity**, n.7, p. 297-336, 1953.

MAYNARD SMITH, J. Evolución y La teoria de los juegos. **Investigacion y ciencia**. V.26, p.116-126, 1978.

MAYNARD SMITH, J. **La teoria de la evolución**. 1 ed. Traduzido por Resines, A. Madrid: Printed Spain, 1984.

MAYNARD SMITH, J. The Cheshire cat's DNA. **The New York Review of Books**, p. 43-46, dez. 2000.

MAYR, E. Cladistic analysis and cladistic classification. **Zool. Syst. Evol. Forsch**, V. 12, p.94-128. 1974.

MAYR, E. **Populações, espécies e evolução**. São Paulo: Editora Nacional, Editora da Universidade de São Paulo, 1977.

MAYR, E The why and how of species? **Biol. and Phil.** n.3, p. 431-441, 1988.

MAYR, E. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo**. São Paulo: Companhia da Letras, 2008.

MCINTOSH, R.P. The background and some current problems of theoretical ecology. **Synthese**, 43: 195–255, 1980.

MCCLINTOCK, B. The origin and behavior of mutable loci in maize. Proceedings of the National Academy of Sciences, v.36, p.344-355, 1950. IN: PETERS, J. (ed.) **Classic Paper in Genetics**, 1961.

MEDINA, R. C.; VEGA.; I. L.; MORRONE J. J. Conceptos biogeográficos. **Elementos** No. 41, Vol. 8, p.33-37, Mar.-May., 2001

MELLMAN, I. Fifty years of cell biology. **The Journal of Cell Biology**. Jan. 2005

MENDES, E.G. Fisiologia: crises? **Estudos Avançados**, v. 8, n. 20, São Paulo Jan/Apr. 1994.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica** (Ed. Portuguesa), Campinas, SP, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001.

MILLER, S. L.; A production of amino acids under possible primitive earth conditions. **Science**. v. 117, p. 528–529, 1953.

MISTELI, T. The changing world of modern cell biology. **J. Cell. Biol.** v. 184, nº. 1, p.11–12, Jan., 2009.

MORANGE, M. **A History of Molecular Biology**. Harvard University Press, 2000.

MORANGE, M. **The misunderstood gene**. Cambridge: Harvard University Press, 2001

MORANGE, M. What history tells us. **J. Biosci.** v.30, n.3, p.313–316, June 2005.

MORENO, C. B.; MUNOZ-DELGADO, J. Apuntes sobre la historia de la etología. **Suma Psicológica**, vol.14, n.2, p. 213-224, 2007.

MORGAN, T. H. Sex Limited in herance in *Drosophila*. [1910]. IN: PETER, J. (Ed.). **Classic Paper in Genetics**. New Jarsey: Prentice-Hall, 1968.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma – reformar o pensamento. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, 128p.

MORTON, R. A. Biochemistry At Liverpool 1902-1971. **Medical History**. v. 16, n. 4, p. 321–353, Oct. 1972.

MURRAY JR., B.G. Are ecological and evolutionary theories scientific? **Biological Reviews**, v. 76, p. 255-289. 2001.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. O comportamento como forma de adaptação. IN: I ENCONTRO PAULISTA DE ETOLOGIA, **Anais**. Jaboticabal, p.45-61, 1983a

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. A sociobiologia. In: PARANHOS DA COSTA, M. J. R. (ed.). ANAIS I ENCONTRO PAULISTA DE ETOLOGIA, **Anais**, Jaboticabal. p. 83-105, 1983b.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Aspectos da ecologia social na contribuição à Etologia clássica para o entendimento dos processos essenciais do comportamento social nos animais, IN: V ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, **Anais**, p.25-61, Jaboticabal, 1987.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Aspectos ecológicos da cooperação social em aves e mamíferos. **Anais de Ecologia**, Jaboticabal, v.10, p.90-103, 1992.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. A ecologia da cooperação social na caça e na defesa contra predadores em aves e mamíferos. **Anais de Etologia**, Bauru, v.11, p.85-103, 1993.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape Ecology** – Theory and Application. New York/ Berlin/ Heidelberg/ Tokyo: Springer Series on Environmental Management, 1984.

NEI, M. Selectionism and Neutralism in Molecular Evolution. **Molecular Biology and Evolution**. v. 22, n. 12, p. 2318-2342, 2005.

NILSSON-EHLE, H. Einige Ergebnisse von Kreuzungen bei Hafer und Weizen. **Botaniska Notiser**, p. 257-294, 1908.

NUCCI, J. C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem **Revista Eletrônica Geografar**, Curitiba, v.2, n.1 p. 77-99, jan./jun. 2007.

NUCCI, J. C.; BUCCHERI FILHO, A. T.; NEVES, D. L.; OLIVEIRA, F. A. H. D.; KRÖKER, R. Carta de Hemerobia e o grau de naturalidade de ecossistemas urbanizados. **Anais ... VI CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL**. Fortaleza, p. 110-112, 2003.

ODUM, E. P. **Fundamentals of ecology**. Philadelphia and London: W. B. Saunders Co, 1959.

O'HARA, R. B. The anarchist's guide to ecological theory. Or, we don't need no stinkin' laws. **Oikos**, v. 110, p. 390-393. 2005.

OLIVEIRA, T.H.G. de; SANTOS, N. F. dos; BELTRAMINI, L. M. O DNA: uma sinopse histórica. **Revista Brasileira do Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, 2004. Disponível em: <http://www.bdc.ib.unicamp.br/rbebbm/visualizar_material.php?id_material=153>. Acesso em: 13/05/2009.

OPARIN, A. I. **Gênese e Evolução Inicial da Vida na Terra**. Lisboa: Edição Livros do Brasil, 1968.

ORÓ, J.; Synthesis of adenine from ammonium cyanide. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. n. 2, p. 407-412, 1960.

OVINGTON, J. D. Organic production, turnover and mineral cycling in woodlands. **Biological Reviews**, v. 40, p. 295-336, 1965.

OYAMA, S. **Evolution's eye**: A systems view of the biology-culture divide. Durham, NC: Duke University Press, 2000.

PEARL, R.; REED, L. J. On The Rate Of Growth Of The Population Of The United States Since 1790 And Its Mathematical Representation. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**. V. 6 , N. 6, JUN. 15, 1920.

PEARSON, K. Mathematical contributions to the theory of evolution. XI. On the influence of natural selection on the variability and correlation of organs. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. A** 200, p. 1–66, 1903.

PIERSON, D. **Estudos de Ecologia Humana**. São Paulo: Martins Editora, 1970.

PELAYO, F. Debatendo Sobre Darwin En España: Antidarwinismo, Teorías Evolucionistas Alternativas Y Síntesis Moderna. **Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia**, vol. LXI, nº 2, p.101-128, jul.-dici. 2009.

PIANKA, E.R. **Evolutionary Ecology**. 2nd ed. NY:Harper & Row, New York, Hagerstown, San Francisco, London, 1978. 397p.

PINHO, M. de S. L. Pesquisa em Biologia Molecular: Como Fazer? **Rev. Bras. Coloproct** . v. 26, n.3, Jul./Set., 2006.

PORCIONATTO, M. A. Projeto Genoma Humano: Uma Leitura Atenta do Livro da Vida? **Circumscribere – International Journal for History of Science**, v. 2, p.51-63, 2007.

PORTER, K. R.; BENNETT , H . S. Recollections on the Beginnings of The Journal of Cell Biology. **The Journal Of Cell Biology**, v. 9, n. 3, Suppl . VII-IX, dec., 1981.

PORTER, W. P.; MITCHELL, J.W.; BECKMAN, W.A. and DEWITT, C.B. Behavioral implications of mechanist ecology: thermal and behavioral modeling of desert ectothermy and their microenvironment. **Oecologia**, Berlin, v.13, n.1, p. 1-54, 1973.

PORTIN, P. The Origin, Development and Present Status of the Concept of the Gene: A Short Historical Account of the Discoveries. **Current Genomics**, v.1, n.29, p. 29-40, 2000.

PORTO, M. L. O que há de novo em Ecologia de Paisagem? In: I ENCONTRO IALE-BR- DEGRADAÇÃO AMBIENTAL, RESULTANTES GEO-HIDROLÓGICAS E DESAFIOS A REABILITAÇÃO FUNCIONAL DA PAISAGEM, 2007, Rio de Janeiro. I Encontro da IALE_BR. Rio de Janeiro: IALE-BR- Lab. de Hidrogeologia, UFRJ, 2007. v. 1.

RECIO, J. L. G. Ernest Mayr (1904-2005): de La teoría sintética de la evolución a la filosofía de la biología. **ILUIL**. v.28, p.87-105, 2005.

RECIO, J. L. G. Elementos dinámicos de la teoría celular. *Revista de Filosofia*, 3ª época, v.III, n.4, p.83-109, 1990.

RHEINBERGER, H..J. Gene concepts: fragments from the perspective of molecular biology In: BEURTON, P.; FALKAN, R. & RHEINBERGER, H-J. (Ed.). **The concept of the gene in development and evolution: historical and epistemological perspectives**. Ed, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, p. 219-239, 2000.

RIBEIRO, A. M.; SANTOS, W. F. DOS; GARCIA-CAIRASCO, N. Neuroethological analysis of the effects of spider venom from *Scaptocosa raptoria* (Lycosidae: Araneae) microinjected in the lateral ventricle of Wistar rats. **Brain Research Bulletin**, v. 52, n.6, p. 581–588, 2000.

RICHMOND, C. Sir Godfrey Hounsfield. Engineer who invented computed tomography and won the Nobel prize for medicine. **BMJ**, v. 329, n. 18, p. 687-688, Sep. 2004,

RICKLEFS, R. **Ecology**. Portland: Chiron Press, 1973.

ROCHA JÚNIOR, M. A. **Desenvolvimento de novo aparelho e técnica de localização estereotáticos**. 2009. 62f. Belo Horizonte, Santa Casa de Misericórdia. Dissertação de Mestrado (Clínica Médica). Pós-graduação e Pesquisa da Santa Casa de Misericórdia de Belo Horizonte, 2009

ROLL-HANSEN, N. Sources of Johannsen's Genotype Theory. IN: **A Cultural History of Heredity III: 19th and Early 20th Centuries**. Max Planck Institute for the History of Science. 2005. Disponível em: <<http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/en/forschung/Preprints/P294.PDF#page=44>>. Acesso em: 30-08-2010.

ROMO, A. C. R. de Claude Bernard, el hombre y el científico. **Anales Medicos**, v. 52, Núm. 2, México, p. 90 – 96, Abr./ Jun. 2007.

ROSTAND, J. **As grandes correntes da Biologia**. Lisboa: Editorial Presença, 197?

ROSÁRIO, M. F. do 120 anos do nascimento do cientista R. A. Fisher (1890-2010). **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v.27, n.4, p.659-672, 2009.

RUBIN, G. M. et alli. Comparative genomics of eukaryotes. **Science**, v. 287, n. 5461, p. 2204-2215, mar. 2000

RUBIN, R. P. A Brief History of Great Discoveries in Pharmacology: In Celebration of the Centennial Anniversary of the Founding of the American Society of Pharmacology and Experimental Therapeutics. **Pharmacological Review**, v.59, n.4, p.289–359, 2007.

SABBATINI, R. M. E. **Comportamento Espécie-Específico e Estimulação Elétrica Cerebral**: Um Estudo Neuroetológico e Quantitativo. Ribeirão Preto, 1977. Tese de doutorado (Doutor em Ciências). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo Ribeirão Preto, 1977.

SANTOS, F. R.; ORTEGA, J. M. **Bioinformática aplicada à Genômica. BIOWORK IV - Melhoramento Genômico**, Belo Horizonte: icb.ufmg.br, 2003

SCHEINDLIN, S. A brief history of pharmacology. **Modern Drug Discovery**, v. 4, N. 5, May, 2001

SCHOENER, R. Mechanistic approaches to ecology: A new reductionism? pp. 181-193. *In*: D.R. Keller & F. B. Golley (Eds.). **The Philosophy of Ecology: From Science to Synthesis**. The University of Georgia Press: Athens, 1986.

SCHRÖDINGER, E. **O que é a vida?** (1943- 1956). Lisboa: Editorial Fragmentos, 1989.

SCUDO, F.; ZIEGLER, J.R. **The Golden Age of Theoretical Ecology, 1923–1940**. Springer-Verlag, Berlin. 1978.

SEYFARTH, E. Julius Bernstein (1839–1917): pioneer neurobiologist and biophysicist. **Biol Cybern**, v. 94, p. 2–8, 2006.

SHULL, G.H.. Hybridization methods in corn breeding. **Am. Breeders Mag.** n.1, p.98–107, 1910

SILVA, C. T.; CONTRERAS, N. C.; FONSECA, D. J.; BOGOTÁ, D.C. Utilidad de la citogenética en la medicina actual - Visión histórica y aplicación. **Acta Med Colomb.**, v. 33, p. 309-316, 2008.

SILVA, F. H. **Módulo: Biologia Molecular**. São Carlos, I Escola Brasileira de Inteligência Artificial e Bioinformática InBio, São Carlos, 2001.

SLACK, J. M. W. Conrad Hal Waddington: the last Renaissance biologist? **Nature Reviews/ Genetics**, v. 3, November, p.889-895, 2002.

SOBER E.; WILSON, D. S. **Unto Other: The Evolution and Psychology of Unselfish Behavior**. Cambridge (MA) : Harvard University Press, 1998.

SOLAR, R. G. Del; CASANAVE, J. L. Ernest Mayr (1904-2005): la síntesis desde las aves. **Hornero**, n. 20, p. 193-196, 2005.

SOLHA, G. C. F.; SILVA, E. P. da. Onde está o lugar do conceito de gene? **Episteme**, Porto Alegre, n. 19, p. 45-68, jul./dez. 2004.

SOUZA JUNIOR, T. P. de; PEREIRA, B. Conceitos fisiológicos do treinamento físico-esportivo: estresse, homeostase e alostase. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 10, n. 2, p. 206-213, 2008.

STROHMAN, R. Maneuvering in the complex path from genotype to phenotype. **Science**, v. 296, n. 5568, p. 701-703, abr. 2002.

SUAREZ, E. M.; BARAHONA, A. Física y Biología en el nacimiento de la biología molecular: la determinación de la estructura del ADN. **LLULL**, v. 15, p. 395-414, 1995.

THIENEMANN, A. Grundzüge einer allgemeinen Oekologie. **Arch. Hydrobiol.**, v.35, p.267-285, 1939.

THORNDIKE, L. **The Sphere of Socrobosco and Its Comentators**. Chicago: University of Chicago, 1949.

TINBERGEN, N. **Comportamento Animal**. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1981.

TINBERGEN, N. **The study of instinct**. London: Oxford University, 1951.

TODMAN, D.H. History of Neuroscience: John Newport Langley (1852-1925). **IBRO History of Neuroscience**, 2008. Disponível em: <http://www.ibro.info/Pub/Pub_Main_Display.asp?LC_Docs_ID=2572>. Acesso em: 11/04/2010.

TORRES, M. Á. M. Los Siete Magníficos. **Encuentros en la biología**. Ano 14, n. 106, p.3-4, 2005.

TORRES FILHO H. M. Eletroforese de Proteínas. **Richet Nouvelles**. Ano 11, N.3, Setembro, 4p., 2008.

TRIVERS, R. Obituary: William Donald Hamilton (1936-2000). **Nature**, n.404, p. 828, 2000.

TUDOR, M; TUDOR, L; TUDOR, K.I. Hans Berger (1873-1941) - The history of electroencephalography. **Acta Med Croatica**. v.59, n. 4, p. 307-313, 2005.

TURCHIN, P. Does population ecology have general laws? **Oikos**, v., 94, p. 17-26. 2001.

TURELLI, P.; TRONO, D. Editing at the crossroad of innate and adaptive immunity. **Science**. v.307, n. 5712, p.1061-1065, 2005.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v.36, n.3, p.19–44, 2005.

VENTER, J. C. et *alii*. The sequence of the human genome. **Science**, v.291, p.1304-1351, 2001.

VIEIRA, E. P. de P.; CHAVES, S. N. Três décadas de genes egoístas: Discutindo algumas premissas do best seller de Richard Dawkins. **Revista Brasileira de**

Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 9, Nº 1, 2009. -

VOLAND, E. **Elementos de Sociobiologia**. Lisboa, Instituto Piaget, 1993.

VOLTERRA, V. Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically. **Nature**. N. 188, p. 558-560, 1926.

WÄCHTERSCHÄUSER, G.; Before enzymes and templates: theory of surface metabolism. **Microbiological Reviews**, v.52, p. 452-484, 1988.

WADDINGTON, C.H. The epigenotype. **Endeavour**, v.1, p.18-20, 1942a.

WADDINGTON, C H. Canalisation of development and the inheritance of acquired characters. **Nature**, n.150, p.563–565, 1942b.

WAIZBORT, R; SOLHA, G. C. Os genes interrompidos: o impacto da descoberta dos íntrons sobre a definição de gene molecular clássico. **REVISTA DA SBHC**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 63-84, jan./ jul. 2007.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Molecular Structure of Nucleic Acid. [1953]. IN: PETER, J. (Ed.). **Classic Paper in Genetics**. New Jersey: Prentice-Hall, 1968.

WEINBERG, W.. "Über den Nachweis der Vererbung beim Menschen". **Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg**, n.64, p. 368–382, 1908.

WENZEL, J. W.; NOLL, F. B. Dados Comportamentais na Era da Genômica. **Revista de Etologia**. V.8, Nº1, p.63-69, 2006.

WILEY, E. O. Vicariance biogeography. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** V.19, p.513-542, 1988.

WILSON, E.O. **The Insect Societies**. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1971.

WILSON, E. O. **Sociobiologia, la nueva síntesis**. Barcelona: Omega, 1975.

WILSON, E.O. **The Human Nature**. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1978.

WILSON, D. S. **The Natural Selection of Populations and Communities**. Benjamin/ Cummings: Merlo Park, 1980.

WILSON, D. S. ; WILSON, E.O. Rethinking the theoretical foundation of sociobiology. **The Quarterly Review of Biology**, v.82, n.4, december, p.326-348, 2007.

WRIGHT, S. Systems of mating. II. The effects of inbreeding on the genetic composition of a population. **GENETICS**, nº 6: p.124, Mar. 1921

WYNNE-EDWARDS, V. C. **Evolution Through Group Selection**. London: Blackwell Scientific Publications, 1986.

YULE, G. U. Mendel's laws and their probable relation to intra-racial heredity. **New Phytol.** n.1, p. 193–207, 1902.

YULE, G.U. On the theory of inheritance of quantitative compound characters on the basis of Mendel's Laws—A preliminary note. p. 140–142. IN: **Rep. Third Int. Conf. Genetics**. Spottiswoode, London. 1906.

ZAIA D. A. M; ZAIA CÁSSIA, T. B. V. Algumas controvérsias sobre a origem da vida. **Quím. Nova**, v.31, n.6, São Paulo, 2008.

ZUANON, Á. C. A. Instinto, Etologia e a Teoria de Konrad Lorenz. **Ciência & Educação**, v.3, n.3, p. 337-349, 2007.

5. CAPÍTULO V - A EPISTEMOLOGIA DO SÉCULO XX E SUA APROXIMAÇÃO À BIOLOGIA

O século XX inicia com grande parte das áreas da biologia mais ou menos delimitadas. Ela já se encontrava configurada, com corpo de conhecimentos, metodologias, linguagem e objetos de pesquisa definidos. Também já existem sociedades e revistas de especificidade biológica. Com tudo isso, o novo século se abre com esta ciência completamente constituída. No entanto, ela, à semelhança de todas as outras ciências, continha muitas dificuldades de entendimento de sua própria constituição. Os filósofos do século XIX discutiram bastante, mas se algumas questões foram resolvidas, outras novas emergiram desse debate. Questões estruturais como o conceito de teoria científica e de lei natural eram controversos. O mesmo acontecia com as definições de modelos experimentais. O papel social que desempenhavam, também era motivo de intensos debates.

Este capítulo tem por objetivo apresentar algumas das principais vertentes da filosofia da ciência, elaboradas durante o século XX e algumas das tendências da filosofia da biologia que emergiram durante este século. Ele também procura localizar o contexto histórico no qual estas vertentes e tendências aparecem. Além disso, indicar que muitas das críticas feitas a ciência moderna são derivadas da prática do cientista.

5.1 A FILOSOFIA DA BIOLOGIA

Como dito no capítulo anterior, as primeiras décadas do século XX trouxeram ainda muitas das dúvidas suscitadas das discussões entre os mecanicistas e vitalistas do século anterior. A pergunta sobre se os processos orgânicos poderiam ser reduzidos a leis mecânicas ou físico-químicas ou teriam leis específicas não se calava. O mesmo se sucedia com o processo evolutivo. Diferentes posições teóricas dos vários biólogos e filósofos do século XX tentaram responder estas questões Bergson foi um deles. Com ele o pensamento evolutivo é

retomado como referência para o entendimento do mundo. Para alguns pensadores (como COLLINGWOOD, 1986) esta tese tem, em Bergson, um ponto culminante. Russell (1977) o considera o principal filósofo francês do século XX.

Segundo Bergson, em sua “*A evolução Criadora*” (publicada em 1907), na matéria tudo o que existe é resultado de uma causa já existente. Os acontecimentos passados implicam os acontecimentos futuros (os portões do futuro estão fechados). Na vida, a situação ocorre ao contrário (os portões do futuro estão abertos), o processo de mudança é um processo criador, levando ao aparecimento de inovações genuínas.

Em Bergson há três dualismos; o primeiro ocorre na natureza entre o domínio da matéria e o domínio da vida, o qual é penetrado através da teoria do conhecimento. Aí reside o segundo dualismo (entre o intelecto e a intuição). O primeiro raciocina e demonstra e, atuando em princípios rígidos, está capacitado para entender a matéria, o segundo penetra na essência do seu objeto seguindo o seu movimento, é a faculdade mais apropriada para compreender a vida. Conforme o autor, o espírito humano é um produto da evolução natural e, assim sendo, o intelecto é uma faculdade prática que nos permite atuar no fluxo da natureza, cortando-o em pedaços rígidos e assim, manipulando-o. Dessa forma, surge para Bergson o terceiro dualismo. O dualismo entre conhecimento e ação. O conhecimento é obra da consciência viva (essencialmente indutivo) penetra no seu objeto vivo e a ação é obra dessa mesma consciência, mas separando-se de seu objeto, matando-o, fragmentando-o e fazendo coisas extraídas dele (é, pois manipulativa). É o dualismo entre a vida e a matéria que, em Bergson, mais contribui para a visão cosmológica do século XX.

Para Bergson, a vida é o poder ou processo que cria o espírito humano e a matéria é a realidade concebida pelo espírito humano para ser por ele manipulada. Mas essa realidade é a própria vida e, em assim sendo, não pode ser matéria. Isto quer dizer que a matéria é uma invenção do intelecto necessária para os fins da ação, mas não verdadeira. Desse modo, na cosmologia de Bergson, a matéria é eliminada restando um mundo constituído de um processo vital (o *elan vital*) e os seus produtos. É a evolução criadora e, como diz Collingwood (1986), uma nova forma de idealismo subjetivo.

No entanto, a biologia do século XX não caminha em direção à proposta de Bergson. Parte de sua história vem do positivismo experimentalista dos físicos, descrito, principalmente, por Mill (NASCIMENTO JÚNIOR, 1998). Isto pode ser observado no movimento para a unificação da biologia, que se desenvolvia na década de 1930, mas iniciado na década anterior, “ainda que não tenha sido explicitado na maioria das vezes, tinha como suporte filosófico as idéias dos integrantes do Círculo de Viena, os quais defendiam a unificação nos métodos e na linguagem científica, rejeitando a metafísica. Este movimento na biologia ficou conhecido como síntese evolutiva” (ARAUJO, 2001, p.723)

É o que aparece, também, na fisiologia e suas áreas correlatas, como demonstra o texto de Ramon Y Cajal (1934), escrito já no século XX. Esta aproximação física da biologia desenvolve, nesta segunda a busca de uma concepção teórica próxima da primeira.

Assim, muitos biólogos e filósofos da biologia procuram aplicar o conceito de teoria e de lei científica, vinda da física, na biologia. Dessa forma, entende-se que o papel da teoria científica é explicar a relação existente entre os fatos e os eventos mediante conexões lógicas, permitindo a construção de modelos que ordenam, explicam e prevêm os fatos observáveis. Para tanto (conforme NASCIMENTO JÚNIOR, 2000a) ela se utiliza de dois processos: as regras de correspondência e o cálculo e a interpretação. As primeiras são enunciados que ligam termos teóricos a termos observáveis. É dessa forma que os enunciados de uma teoria passam a ser expressos nos enunciados experimentais correspondentes.

A segunda consiste num cálculo formal inicialmente desprovido de interpretação; uma interpretação desse cálculo (teoria), regras que estabelecem a correspondência entre a interpretação do cálculo e o fenômeno explicado pela teoria (explicação); leis experimentais deduzidas da teoria a serem confirmadas por instâncias observadas e o modelo final que pode ser lógico ou réplicas analógicas.

A maior parte das teorias biológicas apresenta uma elaboração empirista. Nesse caso, a ciência se destaca pelo princípio da objetividade, buscando enunciados empíricos capazes de explicar o fenômeno estudado sempre pelo método empírico. Há uma assimetria entre a teoria (enunciados teóricos universais) e base empírica (formada por enunciados observáveis, singulares). A redução dos enunciados teóricos em empíricos se faz através da comparação das várias teorias

que tentam explicá-la. Aquela que melhor sintetizar a base empírica (num princípio de economia) e melhor resumir as diversas leis que a explicam é, portanto, aquela que melhor explica a base empírica em questão.

Na Biologia, as teorias de base experimental, tais como as morfologias, a fisiologia e a genética molecular e mendeliana, encontram neste procedimento uma justificativa bastante plausível. Aquelas de base populacional, a evolução, a ecologia e a genética de populações, por sua vez, necessitam de outra base teórica. São teorias construídas a partir da dedução, tendo, por conta disso, geralmente, uma formulação matemática.

Mas, o que a teoria representa em termos de conhecimento? No caso da Biologia, ela se refere, quase sempre, a entidades reais ou existentes, as quais são identificadas a partir dos critérios utilizados para justificar sua existência real: o critério formal (que estipula as condições formais para a teoria expressar o real) e o critério material (que estabelece as condições epistemológicas ou metodológicas, para a teoria ter referentes reais). Para a Biologia o critério material mais comum é o critério da observabilidade e eficácia causal, onde os inobserváveis se tornam verdadeiros por forte correlação com o observável, por exemplo, material visto por microscópio, e alguns experimentos que se tornam observáveis. Assim todo o efeito que tem eficácia causal é direta ou indiretamente observável.

5.2 A ELABORAÇÃO DO NEOEMPIRISMO

No cenário das preocupações referentes à estrutura da ciência, emerge Pierre Duhem. Em seu livro *A Física Teórica* [1905], ele defende a ideia que uma teoria científica consiste de axiomas e de regras de correspondência que ligam alguns termos teóricos do sistema e termos observacionais correspondentes e experimentalmente determinados. Em seguida, um modelo pode ser construído, não fazendo parte, porém da estrutura lógica da teoria. Se a teoria é, portanto, um sistema de axiomas então o papel do cientista é interpretar os achados experimentais auxiliado por uma teoria. Desta forma o autor retoma e concorda com

Whewell (discutido no capítulo 5) acerca da questão de que todos os fatos experimentais são apoiados por uma teoria (DUHEM, 1905).

Por outro lado, quando uma teoria prevê fenômenos que não ocorrem, segundo Duhem (1905), o cientista em lugar de substituí-la pode alterar qualquer uma das hipóteses que constituem as premissas da teoria. No caso de dúvida entre duas teorias, o autor sugere experiências cruciais que decidam conclusivamente qual das duas é a melhor. Já que as qualidades primárias dos fenômenos são oriundas de alguma teoria, o autor reconhece o seu caráter provisório, embora tenha admitido a necessidade que os conceitos científicos sejam como operações físicas e, portanto, medíveis.

Campbell (1919), por sua vez, considera que a estrutura formal de uma teoria científica consiste de dois conjuntos de enunciados. Um deles é hipótese da teoria, impossível de ser garantida empiricamente. O outro são enunciados que podem ser determinados empiricamente. A estrutura formal como um todo, por sua vez, deve estar associada a uma analogia com um sistema governado por leis estabelecidas previamente, de tal maneira que esta analogia é uma parte fundamental da teoria, já que é somente através dela que a teoria explica um conjunto de leis (LOSEE, 1979).

A presença da lógica matemática e a aplicação da geometria não euclidiana à física produzindo a teoria da relatividade são fatores fundamentais para o avanço da concepção neoempirista (ou neopositivista) da ciência. Esta nova forma de pensar consiste na elaboração de uma linguagem para o conhecimento empírico desprovido de qualquer conhecimento metafísico (NASCIMENTO JÚNIOR, 1998).

Com vistas ao entendimento da linguagem científica e altamente influenciado por Wittgenstein, Moritz Schlick ascende no cenário da filosofia da ciência com a questão da verificabilidade. Esta é uma regra orientada da atividade filosófica na procura do significado das proposições da ciência capaz de distinguir os limites entre esta e a filosofia tradicional, reservando para as ciências naturais o conhecimento factual (LOSEE, 1979). Em torno de Schlick, na Universidade de Viena, a partir de 1923 se reúnem várias personalidades da ciência como H. Hahn, F. Waisman, H. Feigl, Otto Neurath, Philip Frank, W. Godel, G. Sergmann e H. Kelsen. Às vezes participavam também K. Popper e L. Wittgenstein, porém sem fazer parte do grupo. A partir de 1926 nele se integra R. Carnap e, o grupo passou a

ser conhecido como "Círculo de Viena". A ele, se liga o grupo de Berlim constituído em 1928, sob a liderança de H. Reichenbach e incluindo entre outros K. Lewin, W. Kohler e C.C. Hempel (NASCIMENTO JÚNIOR, 1998).

As discussões desse grupo estimulam as participações de muitos pensadores cuja base de seu pensamento científico inicialmente é a verificabilidade. Mais tarde é Carnap que propõe o método probabilístico para a linguagem empirista (NASCIMENTO JUNIOR, 1998). Este filósofo reformula a noção empirista de verificabilidade já que nenhum conjunto finito de experiências pode demonstrar a veracidade de uma lei geral o que comprometia o conceito de Schlick. No artigo *Testabilidade e Significado* (1936-37), Carnap substitui o conceito de verificabilidade pelo conceito mais flexível de confirmabilidade, admitindo que as leis não podem ser verificadas propondo a possibilidade de confirmação gradual. Este grau de confirmação de uma hipótese analisado através da lógica permite a Carnap lançar as bases de uma lógica indutiva (*Fundamentos Lógicos da Probabilidade*, 1950). Dessa maneira, Carnap constitui uma linguagem empirista com enunciados confirmados, mas não necessariamente verificáveis e, portanto, probabilísticos.

A ascensão do nazismo e a, conseqüente, morte de Schlick encerram de vez as atividades do Círculo. As ideias do grupo, porém, a partir daí, muito contribuem para a elaboração de uma filosofia da ciência contemporânea. Os filósofos neopositivistas, por sua vez, desenvolvem suas próprias linguagens e concepções da ciência.

Em 1948, Hempel e Oppenheim, publicam os *Estudos Sobre a Lógica da Explicação* onde discutem um critério de aceitabilidade para as leis e teorias científicas através da correspondência entre uma lei ou teoria e os dados empíricos. Uma explicação dedutiva deve ter leis universais que afirmem que nos casos simples, em que todo o evento do tipo F é seguido invariavelmente por um evento do tipo G, os dados empíricos devem apresentar a mesma expressão. A relação entre os eventos empíricos (enunciados singulares) e as leis gerais (enunciados gerais que expressam uma regularidade da natureza) é dada pela forma lógica denominada nomologia-dedutiva:

C1...Cn - Enunciados de condições antecedentes (singulares)

$\underline{L}_i...L_n$ - Leis universais

E - Fenômeno ou evento que se procura explicar - *explanandum*

Por outro lado, Hempel (1966) descreve a forma de uma lei probabilística (apresentada por Carnap em 1950). Sua expressão é a seguinte: a probabilidade estatística da ocorrência de um evento do tipo G sobre a condução do tipo F é r, ou seja, $p(G,F)=r$, onde $0 < r < 1$. Quando o valor r está muito próximo de 1, G explica F. Assim, a forma lógica para tal expressão é:

b em um F.

$p(G,F) = \textit{explanans}$

b e um G - *explanandum*

onde b representa um caso individual.

A *explanans* não explica logicamente o *explanandum*, mas, apenas proporciona um grau de maior ou menor apoio indutivo a este. Isto quer dizer que, nesse caso, a verdade das premissas pode ser compatível com a falsidade da conclusão. O mesmo jamais ocorre no caso de uma explicação dedutiva. Assim, a conexão explicativa efetuada por uma explicação probabilística é mais fraca que a dedutiva. Dessa forma o *explanans* de uma explicação probabilística deve incluir o máximo de informação disponível indutivamente relevante para o *explanandum*.

Jevons (1958) esboça um conceito hipotético-dedutivo do procedimento científico, baseado na confirmação empírica. Assim, o procedimento científico tem o seguinte processo: 1) formação de uma lei geral a partir de uma hipótese; 2) dedução das consequências dessa lei; e 3) comparação dessas consequências com o que é observado. A estrutura argumentativa da ciência contém, pois, argumentos indutivos e dedutivos (NASCIMENTO JÚNIOR, 2002).

Para Frank (1957) a ciência não é feita simplesmente através do acúmulo de generalização dedutiva, sem relação entre si. É necessária uma interpretação sistemática dos fenômenos. Assim, a confirmação sozinha não é condição suficiente para se atingir a generalização universal, sendo necessário também o poder histórico da teoria.

Já Nagel (1961) afirma que apenas a confirmação de uma sentença universal não é suficiente para estabelecê-la como lei. É necessário distinguir os universais nomológicos (genuínos) daqueles acidentais. Em vista disso, Nagel apresenta um conjunto de critérios para distinguir os primeiros dos segundos.

Com respeito a questão da validade da generalização indutiva Quine (1969) escreve:

Uma parte do problema da indução que pergunta por que afinal teria que haver regularidade na natureza, pode, creio, ser dispensada. Qualquer que seja a razão para tanto, é um fato científico que há ou tem havido regularidades, e não podemos pedir mais do que isso porque nosso inato espaçamento subjetivo de qualidades concorda tão bem com os agrupamentos funcionalmente relevantes na natureza, a ponto de fazer as nossas induções tenderem a dar certo? [...] Um certo alento nos é traduzido por Darwin. Se o espaçamento de qualidade inatas nas pessoas é um traço ligado aos genes, então o espaçamento que foi responsável pela maioria das induções bem sucedidas deve ter tendido a predominar através da seleção natural. Para mim, portanto, o problema da indução é um problema que diz respeito ao mundo: um problema de como poderíamos, tais como estamos agora (pelas nossas luzes científicas presentes) e num mundo não feito por nós, ter chances melhores do que as simplesmente aleatórias [...] de obter bons resultados quando fazemos previsões por meio de indução, baseadas no nosso padrão de similaridade inata e cientificamente não justificado. A seleção natural de Darwin é uma explicação parcial plausível (QUINE, 1969, p.192-193).

Também continua acirrada a discussão acerca do papel dos modelos nas teorias científicas. Duhem afirma que o poder de explicação de uma teoria se origina dos argumentos, os quais as leis experimentais são deduzidas, não tendo lugar para analogias. Campbell por sua vez, argumenta o contrário, pois somente através de uma analogia é que uma teoria científica pode explicar as leis dela deduzíveis. Hempel concorda com Duhem e defende a ideia de que as analogias não fazem parte das teorias científicas.

Em seu livro *Modelos e Analogias na Ciência*, 1966, Hesse não vai tão longe. Ao contrário, ele admite a aceitabilidade das analogias, porém, com uma total dependência de um critério de adequação às relações formais. Já, Harré, nos *Princípios do Pensamento Científico*, 1970, vai mais longe. Ela propõe levar os modelos a posição central das teorias colocando-os, pois, como instrumento do pensamento, e atribuindo um papel meramente heurístico aos conjuntos de

proposições dedutivamente organizadas. Dessa forma as teorias são ideias de mecanismos hipotéticos.

As primeiras reações às inferências indutivas, propostas por Carnap, são apresentadas por Karl Popper em seu livro *A Lógica da Pesquisa Científica*, publicado em 1934. Para Popper (1934) é impossível atingir verdades e validades de enunciados universais a partir de enunciados particulares, por exemplo, se ao observarmos centenas de cisnes e todos forem brancos podemos, por indução, concluir que todos os cisnes são brancos? A resposta é, não. É necessário um princípio sintético que vincule os enunciados particulares aos gerais. Tal princípio da indução também precisa ser experimentado e para isso precisa de outro princípio de indução de nível maior até uma regressão infinita. Dessa forma a indução não é eficaz para caracterizar o processo científico.

Os neopositivistas lançam mão da probabilidade aumentando o número de verificações e assim aumentando a eficácia da justificativa. Por outro lado, se a verificação não se mostra consciente, a possibilidade de falsidade é bem mais eficaz. Assim, se a hipótese explica uma implicação observável I, não é possível verificar se o evento I sempre é explicado por H. Porém, se a hipótese H for falsa, o evento I nunca será explicado por ela. Assim, Popper propõe que o importante não é a verificabilidade de uma hipótese e sim sua possibilidade de falseamento (refutabilidade). Dessa forma, o cientista deve procurar não a verificação, mas o falseamento de sua teoria, de maneira a substituí-la sempre por uma teoria melhor. Aquele que procura a verificação para a sustentação de sua teoria, segundo Popper, tem uma atitude dogmática.

Para o autor, a ciência procura o progresso. Deve-se, pois, procurar uma concepção de ciência sempre crítica, tal que maximize o desenvolvimento científico. Tal posição crítica somente pode ser obtida através do processo dedutivo, cujos enunciados são conjecturas (hipóteses e teorias) acerca de problemas produzidos por alguma desarmonia no conhecimento prévio. É o método hipotético-dedutivo.

No pensamento popperiano uma teoria somente é científica se puder ser falseável. Para tanto ela necessita ser constituída de enunciados singulares. O caráter científico desses enunciados singulares depende da

comunidade científica. Sendo, portanto, convenções. Com tal perspectiva o que é ou não ciência é decidido por critério epistemológico e não científico.

Pode-se concluir que, por este prisma, a ciência é convencional e não natural (como afirma os neo-empiristas), sendo, pois, arbitrária e constituída por regras lógicas, pairando sobre a história. O crescimento da ciência, por sua vez, ocorre a partir dos erros anteriores cometidos. Desta forma a teoria da ciência, sob o prisma popperiano, é caracterizada pelos seguintes itens básicos:

- O cientista formula sistemas da afirmação, submetendo-a passo a passo a testes.
- A separação entre ciência e não ciência deve-se a que as teorias científicas são falseáveis (por alusão e predições deduzíveis da teoria).
- O crescimento da ciência envolve aprendizado à custa de erros anteriormente cometidos.
- Uma teoria se vê falseada quando enunciados básicos se transformam em contra-exemplos daquilo que a teoria assevera.

Por último, para Popper, o conhecimento científico, se localiza num mundo a parte do mundo físico e do mundo mental. É a epistemologia, chamada Teoria dos Mundos. O autor preocupa-se com a distinção entre pensamento entendido como conteúdo e pensamento a respeito daquele conteúdo, estes correspondendo aos processos mentais. É, pois, uma teoria epistemológica.

Explicando de maneira mais completa, o primeiro Mundo é o mundo dos objetos físicos ou estados materiais, por ex.: um equipamento industrial. O segundo é o mundo dos argumentos ou estados da consciência ou estados mentais. A este mundo pertencem as experiências subjetivas e os processos do pensamento. O terceiro Mundo é o mundo dos conteúdos subjetivos do pensamento. Os produtos da mente humana: os sistemas teóricos, os problemas e situações, os argumentos críticos, os estados de discussão e finalmente, o conteúdo de livros, revistas, bibliotecas enfim. Este último aspecto contém os outros e é entendido lembrando que teorias, problemas, situações, etc., por definição, são sempre apresentados de maneira que permitam discussão e crítica. A forma escrita é sempre melhor que a apresentação ou transmissão oral, logo a materialização desse terceiro mundo está nas bibliotecas.

5.3 A HERANÇA DO MATERIALISMO DIALÉTICO E AS CIÊNCIAS NATURAIS

Na medida em que a ciência se aproximava da geração de lucros, ela se profissionalizava e se expressava na tecnologia. Assim, a indústria, cada vez mais, precisava da ciência. Esta situação impunha a necessidade de se analisar a atividade científica numa perspectiva sociológica, buscando o seu papel social e a sua relação com a tecnologia.

É verdade que inúmeros cientistas procuraram defender a ideia de que a ciência era neutra, principalmente durante o período positivista. A certeza empírica e a relativização da construção de suas leis serviam ingenuamente de base à ideia de que os dados falavam por si só e pairavam sobre o momento histórico retirando da teoria o seu caráter histórico. Foi a presença das vertentes marxistas, que recolocaram o papel da sociedade na construção da ciência. (NASCIMENTO JÚNIOR, 2000b). É interessante notar, porém, que existem duas grandes preocupações marxistas em relação à ciência no século XX. Uma inaugurada pelo trabalho de Lênin no *Materialismo e Empirocriticismo* (publicado em 1908) preocupado com a discussão epistemológica. E, outra, com a construção social da ciência, representada por várias escolas, sendo a de Frankfurt uma das mais conhecidas.

A dialética materialista da natureza tem profundos desdobramentos e importantes avanços na visão de Lênin, já que este participa da discussão das ideias metafísicas dos físicos a partir da descoberta do elétron.

Os físicos do século XIX associam a noção de matéria aos conceitos metafísico do átomo (elemento primeiro e irreduzível) e do éter. Ao final do século XIX e início do século XX, no entanto, tais concepções são abandonadas. O elétron é descoberto e as novas observações acerca das suas propriedades e as do campo eletromagnético não combinam com as antigas concepções acerca da estrutura e propriedades da matéria. Os discípulos do físico Mach, uma das referências fundamentais na construção teórica do pensamento científico do final do século XIX, sugerem que estas representavam um movimento não material. Isto porque, sendo o elétron um dos componentes do átomo, a matéria também constitui um movimento puro e imaterial, os adeptos de Mach afirmam que a matéria havia desaparecido e

que só restava o movimento. As tentativas de conceber o movimento sem a matéria têm grande difusão na teoria da energética.

Lênin (1908) demonstra que a ideia do desaparecimento da matéria se baseia na substituição das representações científicas acerca da estrutura e das propriedades da matéria pela noção de matéria como categoria filosófica. Para Lênin, o progresso contínuo do conhecimento acarreta uma constante renovação da ideia que se faz da matéria, cuja estrutura e propriedades são apreendidas mais fielmente em nossa consciência. A noção de matéria é uma categoria filosófica que designa a realidade objetiva existente independentemente da consciência dos homens e refletida por ela. Não se pode substituí-la pelos conhecimentos em perpétua modificação que a ciência nos oferece. Assim Lênin mostra a descoberta do elétron que não significa o desaparecimento da matéria, mas a identificação de um aspecto novo na matéria, os fenômenos eletromagnéticos não são um movimento puro, mas uma forma de movimento material.

Lênin ainda mostra que as concepções científicas da matéria estão ligadas, em cada época histórica, às propriedades das formas e dos estados particulares desta. Desse modo, as concepções científicas da matéria mudam na medida em que se descobrem novas formas e novos estados que a caracterizam. Suas propriedades descobertas pela ciência provam cada vez melhor a realidade objetiva do mundo revelando sua diversabilidade infinita. Assim, a respeito do movimento eletromagnético, Lênin critica as tentativas de dar uma imagem eletromagnética geral aos fenômenos físicos. Para Lênin, o desenvolvimento da ciência mostraria os limites das teorias eletrônicas, assim como o desenvolvimento dessas teorias haviam mostrado os limites da mecânica clássica.

Da mesma forma que Engels, Lênin comete erros oriundos das informações incompletas a partir do conhecimento da época. Mas também à maneira de Engels, a principal contribuição de seu livro é a tentativa de discutir uma dialética da natureza nos moldes das ciências do século XX.

Em conformidade com o pensamento de Marx, Engels e Lênin, na antiga União Soviética desenvolve-se um intenso trabalho de aproximação entre o materialismo dialético e as ciências naturais. O físico Fataliev, em sua obra *O Materialismo Dialético e as Ciências da Natureza*, publicada em 1962, explica que o apoio físico à ideia de Lênin sobre a questão do desaparecimento da matéria vem

da teoria da relatividade de Einstein através da relação entre a massa e a energia, decorrente dela. Por outro lado, ainda segundo o autor, a crítica de Lênin que diz respeito às tentativas de se dar uma explicação eletromagnética aos fenômenos físicos foi logo fortalecida pela mecânica quântica, já que esta demonstra que não se pode fazer as leis do movimento dos microcorpos no quadro da teoria eletrônica.

O bioquímico Oparin em sua obra *A Origem da Vida* publicada em 1955, alinha o pensamento químico e biológico aos moldes dialéticos do materialismo. No capítulo introdutório da *Gênese e Evolução Inicial da Vida na Terra* (OPARIN, 1968), o autor escreve:

O materialismo dialético, considerando a vida como uma forma qualitativamente especial do movimento da matéria, define a própria tarefa de compreender a vida de maneira diferente do materialismo mecanicista. Mecanicamente, o problema consiste na mais completa redução dos fenômenos vitais a processos físico-químicos. Pelo contrário, do ponto de vista do materialismo dialético, a compreensão da vida consiste maximamente no estabelecimento das suas exatas diferenças qualitativas das outras formas de movimento da matéria. A mais clara expressão da vida (como forma essencial do movimento da matéria) encontra-se na interação específica dos sistemas vivos – organismos – com o ambiente que os rodeia, na unidade dialética do corpo vivo e das condições de sua existência (OPARIN, 1968, p. 17).

O mesmo método materialista dialético orientou os estudos do psico-fisiologista Luria. Seus trabalhos iniciados em 1922 e, sintetizados postumamente em 1997 na obra *A construção da Mente*, apresentam uma construção dialética do funcionalismo do cérebro, questão já anteriormente levantada por Vygotsky e publicada postumamente em sua obra *Pensamento e Linguagem*, de 1934.

Assim, os exemplos anteriores demonstram como as ciências naturais desenvolvidas na antiga União Soviética apresentam uma metodologia materialista dialética baseada essencialmente no pensamento de Marx, Engels e Lênin, com a intenção de superar as limitações do método científico tradicional.

Orientado, também, pelo materialismo dialético, o físico Fataliev (1966), em sua profícua reflexão crítica acerca da mecânica quântica de Heisenberg e Bohr, procura revelar o modo idealista dessa visão já que a operação de medida (necessária na física clássica para sistematizar as percepções sensíveis

sugeridas pelo processo observado) influencia as propriedades do objeto observado. Esta influência é considerada como incontrolável pelos autores. Isto quer dizer que a mecânica quântica só se ocupa de fenômenos sugeridos pela operação da medida e produzidos durante a observação, não se podendo assim conhecer objetos e fenômenos independentes dela. É a complementaridade de Bohr.

Retorna assim o problema kantiano da dificuldade da apreensão da “coisa em si”. Concomitantemente, o princípio da incerteza, anunciando o movimento probabilístico no deslocamento dos quanta, parece acenar para certo retorno à não-causalidade de Hume. Diante da impossibilidade de separação entre o observador e a coisa observada, Heisenberg (1958) manifesta-se contrário ao pensamento materialista, afirmando que a mecânica quântica rejeita a própria ideia da realidade física, isto é, a ideia do realismo “dogmático” (comentado por CAZENAVE, 1982; SELLERI, 1987).

Infelizmente, as ideias anti-hegelianas e antimarxistas de Stalin e seu grupo de pensadores muito mais preocupados com a propaganda do que com a verdade, prejudicaram o desenvolvimento e a divulgação das experiências do materialismo dialético nas ciências. Stalin, como explica Konder (1981) tende a identificar “subjetivo” como “arbitrário” e “objetivo” como “científico”, destruindo, pois, o método dialético e raciocinando de forma positivista. Também, substitui as três leis da dialética por quatro, que são: (1) a conexão universal e interdependência dos fenômenos; (2) o movimento, a transformação e o desenvolvimento; (3) a passagem de um estado qualitativo a outro e (4) a luta dos contrários como fonte interna do desenvolvimento. Stalin despreza a “negação da negação” por ser muito abstrata e (no seu entender) não corresponde bem a um processo sempre verdadeiro. “o movimento do simples ao complexo”. Assim, Stalin retira a capacidade crítica da dialética, colocando-a a serviço da propaganda.

O caminho não foi totalmente obstruído, mas a aceitação de uma ciência associada a um modo de pensar não mais revolucionário (como no início da revolução russa) e sim burocrático fez com que os filósofos e cientistas do ocidente a olhassem com desconfiança, principalmente após a invasão da Hungria. Ainda hoje, ouvem-se com frequência, cientistas de renome associarem mecanicamente as ideias de Stalin às bases marxistas e pior, evocarem o exemplo do equivocado anti-evolucionista Lisenko, porta voz do modo stalinista de pensar a ciência.

Kedrov em sua obra *Classificação das Ciências*, publicada em 1976, após a eliminação do culto à personalidade de Stalin, procura o restabelecimento das normas leninistas com um desenvolvimento crítico para uma classificação marxista das ciências. A tônica do autor é demonstrar que a ciência neopositivista, embora importante, já ofereceu sua principal colaboração para o pensamento científico. Para o momento há, entre os cientistas e filósofos não marxistas progressistas, uma aproximação com o materialismo dialético como forma de se obter novas sínteses mais abrangentes do conhecimento científico.

Por outro lado, a partir de 1924, o Instituto de Ciência Sociais de Frankfurt, abriga um grupo de pensadores preocupados com as questões sociais da ciência. Alguns dos seus mais ilustres representantes são Horkheimer, Benjamin, Adorno, Marcuse e Habermas. O grupo de estudiosos formado em torno deste programa de estudos de filosofia sobre a ciência foi, historicamente, conhecido como A Escola de Frankfurt.

Em 1937, Horkheimer publica sua *Teoria Tradicional e Teoria Crítica*. Nessa obra o autor vai identificar os problemas internos da ciência contemporânea originados a partir de Descartes e culminado com os Neopositivistas. Horkheimer admite que esta ciência (a qual ele denomina Teoria Tradicional da Ciência) muito contribuiu para o controle técnico da natureza, transformando-o em força produtiva imediata. Quando, porém, necessita do trabalho do especialista, ou seja, fragmenta a totalidade do conhecimento científico em partes especiais, então ela impede que este especialista abarque o conhecimento como um todo e aliena-o do restante dos setores da produção (uma análise já contida em Marx e Lênin).

O pensamento científico dessa forma contenta-se com a organização da experiência sem se preocupar com as situações sociais determinantes dessa experiência. Esta falta de consciência da ciência tradicional acaba por distanciá-la da realidade em lugar de alcançar maior aplicabilidade prática. O problema maior é preponderância ao método apresentado pelos neopositivistas, desprezando a história dos dados. Por outro lado esses dados (mesmo se mais valorizados) são sempre selecionados pela metodologia.

Para Horkheimer a ciência deve possuir uma constituição social de forma a ultrapassar o subjetivismo positivista, revelando o papel da práxis histórica a

partir da concepção de que a verificação prática de uma ideia e sua verdade não são coisas idênticas.

O pensamento organizado concernente a cada indivíduo pertence a reações sociais que tendem a se ajustar às necessidades de modo mais adequado possível. [...] Os homens não são apenas um resultado da história em sua indumentária e apresentação em sua figura e seu modo de sentir, mas também a maneira como vêem e ouvem é inseparável do processo de vida social tal como este se desenvolveu através dos séculos. Os fatos que os favorece são pré-formados de modo duplo: pelo caráter histórico do objeto percebido e pelo caráter histórico do caráter perceptivo (p.125). [...] O próprio aparelho fisiológico dos sentidos do homem trabalha já tempos detalhadamente nos experimentos físicos. A maneira pela qual as partes são separadas ou reunidas na observação registradora, o modo pelo qual algumas passam despercebidas e outras são destacadas, é igualmente resultado do moderno modo de produção, assim como a percepção de um homem de uma tribo qualquer de caçadores ou pescadores primitivos é o resultado das suas condições de existência, e, portanto, indubitavelmente também do objeto (HORKHEIMER, 1937, p.126)

Horkheimer, dessa forma, propõe a superação da razão formal dos neopositivistas pela razão polêmica a qual denominou de Teoria Crítica da Ciência. Essa superação, todavia, não procura eliminar a discórdia entre razão subjetiva através de um processo puramente teórico. Isto ocorrerá somente quando a dominação for suprimida tanto nos homens entre si, como em relação à natureza. Enquanto isto o pensamento crítico procura aumentar a consciência acerca da realidade objetiva que circunda o homem. Diz Horkheimer (1937):

O especialista enquanto cientista vê a realidade social e seus produtos como algo exterior e “enquanto” cidadão mostra o seu interesse por essa realidade através de escritos políticos, de filiação à organizações partidárias ou beneficentes e participação em eleições, sem unir ambas as coisas e algumas outras formas suas de comportamento, a não ser por meio da interpretação ideológica. Ao contrário, o pensamento crítico é motivado pela tentativa de superar realmente a tensão, de eliminar a oposição entre a consciência dos objetivos, espontaneidade e racionalidade, inerentes ao indivíduo, de um lado, e as relações do processo, básicas para a sociedade de outro (HORKHEIMER, 1937, p.132).

Na *Filosofia e Teoria Crítica*, publicada também em 1937, Horkheimer sintetiza o cerne de sua teoria:

A teoria em sentido tradicional, cartesiano, como a que se encontra em vigor em todas as ciências especializadas, organiza a experiência à base de formulação de questões que surgem em conexão com a vida dentro da sociedade atual. Os sistemas das disciplinas contêm os conhecimentos de tal forma que, sob circunstâncias dadas, são aplicáveis ao maior número possível de ocasiões. A gênese social dos problemas, as situações reais nas quais a ciência é empregada e os fins perseguidos em sua aplicação são, por elas mesmas consideradas exteriores. A teoria crítica da sociedade, ao contrário, tem como objeto os homens como produtores de todas as suas formas históricas de vida. As situações efetivas, nas quais a ciência se baseia, não são para ela uma coisa dada cujo único problema estaria na mera constatação e previsão segundo as leis da probabilidade. O que é dado não depende apenas da natureza, mas também do poder do homem sobre ela. Os objetos e a espécie de percepção, a formulação da questão e o sentimento da resposta dão provas da atividade humana e do grau de seu poder (HORKHEIMER, 1937, p. 153).

Para Marcuse, no *Unidimensional Man*, publicado em 1964 e traduzido para o português em 1967 com o nome de *A Ideologia da Sociedade Industrial*, o método científico que levou a dominação da natureza, forneceu os conceitos puros e os instrumentos para a dominação do homem por meio da dominação da natureza. A razão teórica pura e neutra, colocou-se à serviço da razão prática. Nesse universo, a tecnologia garante a grande racionalização da não-liberdade do homem e demonstra a impossibilidade técnica de a criatura ser autônoma, de determinar sua própria vida.

Esta ideia de ciência positivista tecnificada e alienante manuseada em benefício da dominação acaba por se completar no último dos grandes representantes da Escola de Frankfurt, Jurgen Habermas no artigo intitulado *Teoria Analítica da Ciência e Dialética*, publicado, originalmente, em 1974, ele escreve:

Corresponde a estrutura da ciência experimental o condicionamento histórico que permite no século XVII a emergência da nova física, *strict sensu*, a ciência empírica. Tal situação histórica exige que o projeto teórico e o sentido da validação empírica se fundem numa perspectiva técnica. Posteriormente a direção da pesquisa científica estaria vinculada aos interesses do agente da produção. Até então havia uma rigorosa separação entre a teoria e a reprodução da vida material, as classes dominantes detinham o monopólio do conhecimento. Somente no quadro da sociedade moderna burguesa, legitimando a aquisição da propriedade pelo trabalhador, poderia a ciência na área experimental receber um estímulo do trabalho manual e a pesquisa integrar-se progressivamente no trabalho social. A mecânica de Galileu vê a natureza tendo como referencial o

domínio técnico que plantara suas raízes nas novas manufaturas, e por sua vez, sujeito a análise e decomposição do processo do trabalho manual em funções simples. O intento do ajuste do conhecimento às exigências de determinados padrões técnicos levou a visão mecanicista do processo da natureza analogamente ao processo de trabalho estruturado nas empresas manufatureiras. A determinação prática do conhecimento do trabalho manufatureiro, e deste, então esta forma específica de conhecimento converteu-se na forma universalmente aceita, mediante a inteligibilidade positivista da ciência. Tais fatos estão vinculados historicamente à tendência da sociedade burguesa (HABERMAS, 1980, p. 294-295).

Assim para Habermas, a ciência positivista é tecnicista e tem como intenção a técnica que pode resultar do funcionamento do saber científico, havendo, pois um embricamento entre ciência e técnica já que a segunda determina os rumos da primeira embora dependa originalmente desta. Os cientistas técnicos fornecem elementos às classes dominantes para um aprimoramento da dominação do mundo. As informações científico-naturais necessitam da utilização técnica para penetrar no mundo social como saber tecnológico, aumentando o conhecimento técnico, mas impedindo a compreensão humana (NASCIMENTO JÚNIOR, 1996).

Um epistemólogo pouco reconhecido em sua época (década de 20 a 40), mas, com grande prestígio trinta anos depois foi Ludwik Fleck. Médico, pertencente à Escola Polonesa de Filosofia da Medicina (LOWI, 1994). Segundo Schäfer e Schenelle (1986), a primeira obra epistemológica de Fleck (em 1927) versou sobre a medicina. A seguinte, em 1929, foi sobre as ciências naturais em geral. As linhas principais da sua epistemologia orientada para o caráter social da ciência estão colocadas em seu livro *A Gênese e o Desenvolvimento de um Fato Científico*, publicado em 1935 (FLECK, 1979). Seu trabalho bastante original no que diz respeito a preocupação social e na produção coletiva do conhecimento científico, o credencia a ser considerado por muitos autores como um dos primeiros a se utilizar de uma abordagem sociológica para a ciência (LEITE *et alli*, 2001).

Conforme Pfuetzenreiter (2003), Fleck, em seu livro, descreve o desenvolvimento histórico do conceito de sífilis até a reação de Wassermann, utilizada para o diagnóstico dessa enfermidade. Neste processo, introduz elementos de sociologia à epistemologia, conduzindo o leitor à compreensão de suas principais categorias, as quais são: estilo de pensamento, coletivo de pensamento, círculo esotérico e exotérico e formação de pré-ideias ou proto-ideias.

Segundo estes autores, Fleck age em oposição à neutralidade do modelo empirista mecanicista, trabalhando com uma concepção de sujeito coletivo, que expressa um estilo de pensamento de acordo com o pensamento do coletivo ao qual pertence. Os condicionantes sociais e culturais do coletivo são, pois, fundamentais ao ato de conhecer do sujeito que a ele pertence. Este coletivo de pensamento, para Fleck, é entendido como uma comunidade de indivíduos que apresentam práticas, tradições, concepções e normas comuns e, portanto, vêm o objeto do conhecimento e se relacionam com ele de maneira própria, determinada pelo estilo de pensamento do grupo.

5.4 BACHELARD E A DIALÉTICA ENTRE O REALISMO E O RACIONALISMO: A ESCOLA EPISTEMOLÓGICA FRANCESA

Gaston Bachelard discorda da ideia dos neo-empiristas de que a ciência se reduz aos fatos e a experiência. Isto porque Bachelard orienta sua epistemologia pela história da ciência e esta, ao contrário de um desenvolvimento linear, se move através de rupturas sucessivas, da negação. Para Bachelard a ciência é ato e não representação e é construindo, criando, produzindo, modificando, corrigindo que o espírito chega a verdade. As ideias de Bachelard orientam a epistemologia francesa do século XX, que se opõe fundamentalmente ao neo-empirismo (NASCIMENTO JUNIOR, 2000b).

Em 1940, em *A Filosofia do Não*, o físico e filósofo Gaston Bachelard critica a posição anti-metafísica dos neopositivistas. Diz ele:

Com efeito os cientistas consideram inútil uma preparação metafísica: declaram aceitar, em primeiro lugar, as lições da experiência se trabalham nas ciências experimentais, ou os princípios da evidência racional se trabalham nas ciências matemáticas. Para eles, a hora da filosofia só chega depois do trabalho efetivo, concebem pois a filosofia das ciências como um resumo dos resultados gerais do pensamento científico, como uma coleção de fatos importantes. Dado que a ciência está sempre inacabada, a filosofia dos cientistas permanece sempre mais ou menos eclética, sempre aberta, sempre precária. Mesmo se os resultados positivos permanecerem, em alguns aspectos, deficientemente coordenados, estes resultados podem assim ser

transmitidos, como estados de espírito, em detrimento da unidade que caracteriza o pensamento filosófico. Para o cientista, a filosofia das ciências está ainda no reino dos fatos (BACHELARD, 1940, p.I).

E continua:

Aos cientistas reclamaremos o direito de desviar por um instante a ciência de seu trabalho positivo, da sua vontade de objetividade, para descobrir o que permanece de subjetivo nos métodos mais severos. [...] Será certo que esta filosofia maciça, sem articulações, sem dualidade, sem hierarquia, corresponde a variedade do nosso pensamento à liberdade das vossas hipóteses? [...] Os diferentes problemas do pensamento científico deveriam pois receber diferentes coeficientes filosóficos. Em particular, o grau de realismo e de racionalismo não seria o mesmo para todas estas noções. É possível ao invés de cada noção que, em nossa opinião, se colocariam às tarefas precisas de filosofia das ciências. Cada hipótese, cada problema, cada experiência reclamariam a sua filosofia. [...] Esta filosofia diferencial estaria encarregada de analisar o devir de um pensamento. Em linhas gerais, o devir de um pensamento científico, corresponderia a uma normalização, a transformação da forma realista em forma racionalista. Esta transformação nunca é total. Nem todas as noções estão no mesmo estágio de suas transformações metafísicas. Meditando filosoficamente sobre cada noção, ver-se-ia também mais claramente o caráter polêmico da definição adotada, tudo o que esta definição distingue, delimita, recusa. As condições dialéticas de uma definição científica diferente da definição usual surgirão então mais claramente (BACHELARD, 1940, p.IV).

Para Bachelard o pensamento científico está alicerçado em três domínios: O primeiro é a substância. O segundo é a intuição. E o terceiro, a lógica. Todos em domínios devem ser entendidos como sínteses de movimentos contrários que os compõe.

Pensar corretamente o real, e aproveitar as suas ambiguidades para modificar e alertar o pensamento. Dialectizar o pensamento e aumentar a garantia de criar cientificamente fenômenos completos, de regenerar todas as variáveis degeneradas ou suprimidas que a ciência, como o pensamento ingênuo, havia desprezado no seu primeiro estudo (BACHELARD, 1940, p.V).

No *O Novo Espírito Científico* (1934), Bachelard demonstra como “o pensamento científico pode mover-se sobre dois termos opostos, indo por exemplo do euclidiano ao não euclidiano” (p.15). Bachelard observa o papel da geometria não euclidiana, na medida não arquimediana, na mecânica não newtoniana com

Einstein, da física não maxwelliana com Bohr, da aritmética de operações não-comutativa e, portanto, não-pitagórica, como termos opostos às teorias anteriormente vigentes, caracterizando, com isso uma dialética do pensamento científico.

Segundo Bachelard o dinamismo destas filosofias contrárias deve ser procurado entre o realismo e o racionalismo porque esse dinamismo é

[...] o duplo movimento pelo qual a ciência simplifica o real e complica a razão (p.17). [...] Na realidade não há fenômenos simples, o fenômeno é uma trama de relações. Não há natureza simples, substâncias simples, a substância é uma contextura de atributos. Não há ideia simples, porque a ideia simples [...] deve ser inserida, para ser compreendida, num sistema complexo de pensamento e experiências. A aplicação é complicação. As ideias simples são hipóteses de trabalho, conceitos de trabalho, que deverão ser revistos para receberem seu devido valor epistemológico. As ideias simples não são a base definitiva do conhecimento, aparecerão por conseguinte num outro aspecto quando as colocarem numa perspectiva de simplificação a partir das ideias completas (p.130).

Esta interpretação do conhecimento científico, proposta por Bachelard, onde a criatividade do espírito associa-se a experiência, numa dialética orientada por uma correção contínua dos conceitos e pela remoção de problemas epistemológicos (como a valorização da primeira experiência), substitui segundo Bachelard as formulações clássicas da ciência positivista e neopositivista.

Dominic Lecourt, ao analisar as obras de Bachelard, e em específico *A Tarde e a Noite* (1974), conclui que, do ponto de vista da história da ciência, este se manteve prisioneiro do modo idealista da filosofia da ciência por aplicar um método de julgamento vertical às produções do saber, embora todas as suas conclusões levem ao fortalecimento das ideias do materialismo dialético. Lecourt explica que, diferente da ideia de Bachelard, a produção dos saberes é uma expressão da prática social, pertencente, pois, à teoria da prática política, (ou seja, ao materialismo marxista). Postura esta compartilhada por Altusser.

5.5 AS REVOLUÇÕES, OS PROGRAMAS, O ANARQUISMO, AS TRADIÇÕES NA CIÊNCIA E OS VALORES COGNITIVOS

Após os marxistas e Bachelard, um dos primeiros autores a sustentar a importância do contexto da descoberta, isso é, dos fatores sociais, históricos, culturais, psicológicos, linguísticos, etc. na ciência, foi Toulmin (1953) a partir da elaboração do conceito de Ideal De Ordem Natural (ION). É um conceito que designa um estado de coisas que não requer explicação pela teoria científica. As descobertas nas ciências físicas consistem da introdução de maneiras novas de olhar os fenômenos e na aplicação de novos modos de representação, ao invés da descoberta de novas generalizações (HADA, 2007).

A autora explica que, para Toulmin, são os desvios do ideal de ordem natural, as anomalias, as irregularidades que chamam a atenção do cientista, ao estudar um novo fenômeno, e que ele busca explicar. Isso indica que tal cientista tinha expectativas prévias, e que elas são dirigidas a partir de certos ideais ou concepções, não observáveis, a respeito da ordem regular da natureza.

Para Toulmin, uma teoria consiste de uma hierarquia que envolve ideais de ordem natural, leis e hipóteses, as quais não têm valor de verdade. O que é verdadeiro ou falso é o domínio de aplicação da teoria, que não faz parte da teoria. Uma hipótese é um candidato a lei ainda não aceita. Uma lei já consolidada estabelece o sentido dos termos usados em uma teoria científica, e é essa terminologia usada na discussão das hipóteses. Há uma estratificação de sentido entre os níveis de uma teoria, mas a relação entre esses níveis não é dedutiva, já que não há valores de verdade envolvidos. As leis também são regras para se fazer inferências, previsões. A formulação de uma lei sempre envolve alguma mudança de linguagem em relação ao uso anterior dos termos (HADA, 2007).

É uma concepção instrumentalista, pois as teorias são regras para obter inferências, e não são nem verdadeiras, nem falsas, e, sim, maneiras de olhar fenômenos, que podem ou não ser aceitas dependendo das pressuposições e interesses dos cientistas. As teorias científicas seriam formuladas, julgadas, mantidas e desenvolvidas em relação a uma visão de mundo. Assim, uma teoria

científica não pretende representar a realidade de maneira verdadeira, mas é uma construção linguística que permite fazer inferências e previsões (HADA, 2007).

A análise também se dirige aos estatutos das leis científicas onde a palavra 'verdadeiro' e outras semelhantes parecem não ter aplicação. No entanto, Toulmin reserva a noção de verdade para o domínio de aplicação de uma lei. Assim, para cada lei científica, a investigação científica rotineira vai estabelecendo o seu domínio de aplicação, que é algo separado e diferente da lei. Há assim uma noção de verdade relativa ao domínio de aplicação de uma teoria (HADA, 2007).

Em 1972 Toulmin (1977) discute a evolução dos conceitos científicos a partir de uma perspectiva da epistemologia evolutiva, mantendo sua concepção anti-realista de ciência. Segundo Ariza e Harres (2002), Toulmin propõe aplicar às populações conceituais o mesmo esquema teórico que Darwin aplicou às populações naturais. E isto porque, segundo estes autores, ele considera que os modelos populacionais orgânicos e conceituais são casos particulares de um único padrão de desenvolvimento por inovação e seleção.

Toulmin faz uma distinção entre os aspectos de linguagem, de técnicas de representação e de procedimentos de aplicação para trabalhar com a complexidade dos conceitos científicos. Os dois primeiros estão envolvidos nas explicações científicas, o último envolve o estabelecimento do escopo da teoria, e são importantes para reconhecer as situações em que os conceitos podem ser usados. As disciplinas científicas são empreendimentos racionais, voltadas para o aprimoramento de procedimentos explicativos, que se desenvolvem de acordo com procedimentos de autocrítica, competindo entre si, e provocando mudanças conceituais de disciplinas intelectuais em termos de um modelo evolutivo, baseado em populações de conceitos em competição na busca de melhores explicações (HADA, 2007).

Hada (2007) lembra que, para Toulmin, os conceitos de racionalidade são "locais", estando, também, sujeitos à evolução. Isso resulta num desenvolvimento científico ao acaso, sem meta pré-estabelecida, ao contrário da epistemologia evolutiva de Popper.

Conforme Ariza e Harres (2002), o problema central do pensamento de Toulmin, neste período atual, se refere à discussão sobre a existência de critérios universais ou princípios fixos para avaliar a validade do conhecimento humano,

sejam eles, empíricos, metafísicos ou racionais. Para ele, as correntes epistemológicas têm adotado duas vias de análise para este problema: uma identificada com a lógica formal e outra identificada com uma via histórica. Como resposta, Toulmin introduz o conceito de ecologia conceitual.

Para ele, as questões de imparcialidade e de juízo formal já não devem ser consideradas em termos lógico-formais, mas sim ecológicos e conceituais, considerando que as ideias de qualquer tipo constituem populações conceituais em desenvolvimento histórico tanto no plano coletivo como individual. O aspecto racional das atividades intelectuais não estaria associado à coerência interna dos conceitos e crenças habituais de um indivíduo, mas à maneira com que cada pessoa é capaz de modificar sua posição intelectual frente a experiências novas e imprevistas (ARIZA; HARRES, 2002).

A evolução (do tipo darwiniana) dos conceitos seria uma aplicação de um modelo geral de mudança baseada, ao mesmo tempo, na existência de variantes em competição dentro de um conjunto populacional e a existência de mecanismos ambientais que, por pressão exterior, selecionam as variedades melhores em relação a um determinado contexto espaço-temporal. Assim, Toulmin concebe a mudança conceitual através de uma perspectiva gradualista onde qualquer transformação é sempre parcial e está submetida à seleção crítica da comunidade intelectual (ARIZA; HARRES, 2002).

Em 1962 o físico Thomas S. Kuhn publica *A Estrutura das Revoluções Científicas*, também negando o caráter contínuo do crescimento científico e revelando o papel do crescimento da ciência em torno de uma referência fundamental a que denomina “paradigma” (KUHN, 1989). Kuhn carregava uma forte influência de Fleck, da qual ele mesmo reconhece nas primeiras páginas de seu livro. Esta influência, inclusive, resgatou Fleck do esquecimento injusto e recolocou-o no palco das discussões da filosofia e história das ciências. Infelizmente, esta retomada se deu bem depois de sua morte.

No que diz respeito a Kuhn, toda ciência de uma época é feita (e, conseqüentemente, cresce) em torno de um paradigma estabelecido pela comunidade científica da época. As grandes mudanças vêm a partir da substituição de um paradigma vigente por outro. Assim, a ciência possui um momento de acumulação de conhecimentos (é o período normal da ciência) e outros momentos

onde a base do conhecimento acumulado é insuficiente para responder as questões propostas a partir de uma nova base (é o período revolucionário da ciência).

A ciência normal, [...] é um empreendimento altamente cumulativo, extremamente bem sucedido no que toca ao seu objetivo, a ampliação contínua do alcance e da precisão do conhecimento científico. [...] Contudo a ciência normal não se propõe descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria, quando é bem sucedido não as encontra (KUHN, 1989, p.77).

Com essas palavras na *Estrutura das Revoluções Científicas* (1989), Thomas S. Kuhn descreve a "normalidade" da ciência. Uma ciência "normal" é aquela que propõe desenvolver teorias a partir de um conjunto de leis já determinadas, com uma base metafísica, uma visão de mundo e um procedimento metodológico a ela associado. Essa estrutura global da ciência é denominada por Kuhn de Paradigma e é a comunidade científica que o estabelece.

No artigo *Reconsideração Acerca dos Paradigmas*, publicado em 1974, Kuhn admite que as comunidades científicas têm existências independentes e, sendo assim se torna "difícil encontrar regras partilhadas em número suficiente para explicar a conduta de investigação" (KUHN, 1989 p.381).

Tendo ou não regras específicas a noção de paradigma é clara. Ele determina o crescimento das informações científicas e o procedimento necessário para atingi-lo através de regras conceituais teóricas, metodológicas e instrumentais.

A ciência normal é uma atividade altamente determinada, mas não precisa ser inteiramente determinada por regras. [...] As regras, segundo minha sugestão, derivam de paradigmas, mas os paradigmas podem dirigir a pesquisa mesmo na ausência de regras (KUHN, 1974, p.66).

Há situações, porém que o cientista inventa teorias totalmente novas. As descobertas, segundo Kuhn (1974)

[...] não são eventos isolados, mas episódios prolongados, dotadas de uma estrutura que aparece regularmente. A descoberta começa com a consciência da anomalia, isto é, com o reconhecimento de que, de alguma maneira, a natureza viola as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal. Segue-se então uma exploração mais ou menos ampla da área onde ocorreu a anomalia. Esse trabalho somente se encerra quando a teoria do

paradigma for ajustada, de tal forma que o anômalo se tenha convertido no esperado. A assimilação é um novo tipo de fato que exige mais do que um ajustamento aditivo da teoria. Até que tal ajustamento tenha sido completado - até que o cientista tenha aprendido a ver a natureza de um modo diferente - o novo fato não será considerado completamente científico (KUHN, 1974, p.78).

Dessa forma, a ocorrência de episódios não acumulativos do conhecimento científico, produzida pela substituição total ou parcial de um paradigma mais antigo por um novo, incompatível com o anterior, Kuhn denomina de revolução científica.

Guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar em novas direções. E o que é ainda mais importante: durante as revoluções, os cientistas vêem coisas novas e diferentes quando, empregando instrumentos familiares, olham para os mesmos pontos já examinados anteriormente. [...] As mudanças de paradigma realmente levam os cientistas a ver o mundo definido por seus compromissos de pesquisa de uma maneira diferente (KUHN, 1974, p.146).

O papel do paradigma de Kuhn contrasta, desse modo, com o conceito de falseabilidade do Popper. Esta questão provoca entre os dois filósofos profícuos debates no Seminário Internacional sobre Filosofia da Ciência de 1965 ocorrido no *Bedford College, Regent's Park* em Londres e publicado em *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento* (1979) por Lakatos e Musgrave. Para Popper é difícil aceitar a ideia de paradigma e de revolução já que seu único critério de identificação da ciência é a falseabilidade. Dessa mesma dificuldade compartilham os verificacionistas e os confirmacionistas.

No artigo *Lógica da Descoberta ou Psicologia da Investigação*, escrito em 1965, Kuhn (1979) demonstra que a ideia de falseabilidade de uma teoria científica é uma espécie de revolução permanente na história das ciências e, ao se aceitar a tese da falseabilidade, despreza-se a ciência cotidiana.

Sugiro, portanto, que Sir Karl caracterizou todo o empreendimento científico em termos que só se aplicam as suas partes ocasionalmente revolucionárias. A sua ênfase é natural e comum: as proezas de um Copérnico ou de Einstein atraem mais do que as de Brahe ou Lorentz, Sir Karl não seria o primeiro a considerar erradamente o que eu chamo ciência normal como um empreendimento intrinsecamente desinteressante. Não obstante, provavelmente nem a ciência nem o desenvolvimento do

conhecimento se podem compreender se a investigação for vista apenas através das revoluções que ocasionalmente produz. [...] Uma olhadela cuidadosa para o empreendimento científico sugere que ele é ciência normal, onde os gêneros de testes de Sir Karl não ocorrem, e não ciência extraordinária, que distingue com mais clareza a ciência de qualquer outro empreendimento. Se existe um critério de determinação [...] ele pode estar exatamente nessa parte da ciência que Sir Karl ignora (KUHN, 1979, p.330).

Neste mesmo seminário, Imre Lakatos, no artigo *O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica*, apresenta o seu conceito de “programas de pesquisa”. Este consiste em regras metodológicas que orientam o caminho da pesquisa, tanto no sentido de serem evitados (heurística negativa), como para serem trabalhados (heurística positiva). Ele levanta alguns problemas levando em conta a natureza da psicologia da descoberta. Diz Lakatos,

[...] mas a psicologia da ciência não é autônoma, pois o crescimento – racionalmente reconstruído – da ciência se verifica essencialmente no mundo das ideias, no terceiro mundo de Platão e Popper, no mundo do conhecimento inteligível, que independe de sujeitos do conhecimento. O programa de pesquisa de Popper visa uma descrição desse conhecimento científico objetivo. O programa científico de Kuhn parece visar uma descrição na mudança da mente científica “normal”, (individual ou comunal), mas a imagem espelho do terceiro mundo na mente do indivíduo – até na mente dos cientistas “normais” – é geralmente uma caricatura do original, e descrever essa caricatura sem relacioná-la com o terceiro mundo original pode perfeitamente redundar na caricatura da caricatura. Não se pode compreender a história da ciência sem levar em conta a interação dos três mundos (LAKATOS, 1979, p.223-224).

Segundo Lakatos (1979), esta heurística positiva pode ser formulada como um princípio metafísico. Por outro lado, a característica que define o programa é seu núcleo irredutível tornado infalsificável pela decisão metodológica de seus participantes. Fora do núcleo irredutível está um cinturão protetor que absorve os desencontros da observação com a teoria propriamente dita.

Por outro lado, para Lakatos (1979), a proliferação das novas ideias não se inicia com a revolução, mas antecede-a. Dessa forma a ciência que se conhece não é uma sucessão temporal de períodos normais e revoluções, como afirma Kuhn, e sim sua justaposição. Com esse modelo de mudança científica, Lakatos tenta fundir a ideia de Popper à de Kuhn.

Entretanto, Kuhn em seu artigo *Reflexão Sobre os Meus Críticos* (1965), responde,

Como acontece no desenvolvimento individual, acontece no grupo científico: a maturidade vem mais seguramente para os que sabem esperar. Afortunadamente, ainda que nenhuma prescrição a force, a transição para a maturidade chega para muitos campos e vale a pena esperar e lutar para atingi-la (KUHN, 1979, p. 302).

E continua,

[...] nas ciências desenvolvidas, a diferença da filosofia, são os enigmas técnicos que fornecem a ocasião habitual e, não raro, os materiais concretos para a revolução. Sua disponibilidade, juntamente com a informação e os sinais que proporcionam, explica em grande parte, a natureza especial do progresso científico (KUHN, 1979, p. 309).

Assim sendo, Kuhn termina por esclarecer que as restrições de Lakatos estão também contidas nas suas concepções.

Também participa desse seminário, Paul Feyerabend que, mais tarde escreve sua principal obra, *Contra o Método* (publicada em 1975 e revista em 1988). Para Feyerabend (1993), a ciência é um empreendimento essencialmente anárquico, por exemplo, pode-se fazer avançar a ciência procedendo de modo contra-indutivo; a condição de consistência que exige que as novas hipóteses concordem com as teorias aceitas é irracional uma vez que defende a teoria mais velha e não a melhor. O autor ainda sugere que seja abolida a distinção entre o contexto da descoberta e o contexto da justificação entre termos observacionais e termos teóricos. Por último, afirma que a ciência e a racionalidade são tradições particulares, historicamente dependentes.

Entre Kuhn, Lakatos e Feyerabend há várias divergências, mas possuem uma notável convergência - a visão histórica não linear da ciência. Nesse contexto a verificabilidade do círculo de Viena, a conformabilidade de Carnap e da falseabilidade de Popper não resistem a ela.

5.6 UM PROBLEMA NA BIOLOGIA DAS DÉCADAS DE 1960 E 1970

Uma questão decorrente da teoria e que vem fazendo parte da discussão filosófica da Biologia a partir da metade do século XX, é a ideia de correspondência entre as leis da Física e as da Biologia. A discussão tem se concentrado se o caráter nomológico das leis físicas também deveria estar nas leis das Ciências da Vida (RECIO, 2005). Por esta causa, (conforme EL HANI, 2006) vários filósofos da ciência assumiram a construção do conhecimento em biologia como uma aplicação gradual de modelos abstratos e, muitas vezes, particulares, e não como uma expressão de leis universais. O problema é um pouco diferente daquele trazido pelos vitalistas, pelos mecanicistas do século XIX e por Bergson.

A questão é que em meados do século XIX a biologia estava se constituindo e procurava seu estatuto epistemológico, trabalhando com várias visões de mundo. Na segunda metade do século XX a quantidade de conhecimentos acumulados é grande, bem como sua aplicação nas diversas instâncias da sociedade contemporânea. Diante disso algumas outras perguntas são formuladas tais como: este conhecimento produzido pela biologia pode ser generalizado? Mediante que estatuto epistemológico? O conhecimento experimental produzido pela fisiologia, farmacologia, bioquímica tem poder de generalização diferente daqueles produzidos por observação e dedução vindos da ecologia, da evolução e outras áreas afins?

Alguns, filósofos, como Smart (1963; 1968), negam a existência de leis universais na Biologia que se assemelhem aquelas encontradas em outras áreas das Ciências da Natureza. Enquanto, outros, como Ruse (1973) e Hull (1974) defendem com veemência a existência de leis especificamente biológicas.

Segundo El Hani (2006) a existência de leis biológicas tem sido objeto de debate há um longo tempo. Inicialmente, o que se perguntava era se a biologia seria ou não uma ciência legítima. Teriam suas leis o mesmo caráter das leis da Física? Ou, existem leis da Biologia? A metodologia experimentalista vinda do neo-empirismo, com base na física, é suficiente para servir à biologia na sua tentativa de produzir leis científicas gerais ou não? Assim como a constituição

epistemológica neo-empirista dos conceitos de hipótese, teoria e lei científica? São perguntas que, a partir deste período, não mais se calaram.

5.7 AS TRÊS ÚLTIMAS DÉCADAS DO SÉCULO XX

De fato, o questionamento às bases do neo-empirismo começou a ganhar terreno desde os marxistas e Bachelard, conforme foi visto no início do capítulo. Mas, o apoio dado à ciência no meio acadêmico era intenso, graças às possibilidades que ela indicava. Mas, a partir da década de 1970, a situação mudaria. A ciência parece não ter cumprido as expectativas criadas pela sociedade e pela academia. Aparentemente, ciência e sociedade estavam bem longe uma da outra.

Em *As palavras e as coisas*, Foucault (1966) fala em uma ordem dos saberes e dos discursos a qual denomina epistême como uma alternativa aos paradigmas de Kuhn. Já, Chalmers (1976), na obra *O que é ciência afinal?* tece duras críticas ao indutivismo e a falsiabilidade, mas também critica os programas de Lakatos e o relativismo de Kuhn, assumindo a ideia de que não há uma ciência única, mas ciências ligadas a cada área de conhecimento.

Tal preocupação também se revela na Academia de Ciências Francesa que sedia, em 1984 (publicado em 1988 por Jean Hamburger), um debate que busca aproximar os cientistas dos filósofos dentro da discussão sobre os métodos, o valor e os limites do conhecimento científico. Em ousada conferência o matemático René Thom defende a tese do mito do método experimental. Ideia radical sem dúvida, mas muito discutida como se houvesse consenso na necessidade de uma reconsideração no papel da indução.

O outro crítico de Kuhn e Lakatos é Laudan (1977) na formulação de seu conceito de tradições de pesquisa. Laudan entende que a ciência tem por objetivo a resolução de problemas intelectuais. Para este filósofo cada disciplina intelectual, científica ou não científica, tem uma história preenchida pelo que ele denominou de tradições de pesquisa: empirismo e nominalismo na filosofia, voluntarismo e necessitarismo na teologia, comportamentalismo e freudianismo na

psicologia, utilitarismo e intuicionismo na ética, marxismo e capitalismo na economia, mecanicismo e vitalismo na fisiologia, para nomear somente poucas. Para avaliar a eficácia das teorias e tradições de pesquisa em competição, portanto, é necessário levar em consideração o seu sucesso em resolver problemas.

Os problemas a serem resolvidos são de dois tipos: questões empíricas concernentes a objetos em algum domínio; e dificuldades conceituais concernentes a contradições internas a uma teoria, ou entre ela e outros princípios científicos, metodológicos ou mesmo metafísicos. A eficácia geral de uma teoria em resolver problemas é determinada estimando-se o número e a importância dos problemas empíricos que a teoria resolve, subtraindo-se daí o número e a importância das anomalias e problemas conceituais que a teoria gera (LAUDAN *et alli*, 1993, p. 71).

As tradições de pesquisa (p.e. darwinismo, teoria quântica, teoria do eletromagnetismo leve) têm um número de traços comuns. Cada tradição de pesquisa tem um número específico de teorias que a exemplificam e parcialmente a constituem contemporâneas ou não. Ela exhibe, também, algum comprometimento metafísico e metodológico que, em conjunto, individualiza a tradição de pesquisa e a distingue de outras. Cada tradição de pesquisa (diversas teorias específicas) completa um número de diferentes circunstâncias de formulações (muitas vezes mutuamente contraditórias), tendo geralmente uma longa história, estendendo-se em períodos de tempos significantes (por contraste, as teorias, frequentemente, têm vida curta). Estas não são de forma alguma as únicas características das tradições de pesquisa, mas elas podem servir, ao longo do tempo, para identificar os grupos de assuntos cujas propriedades se tem a intenção de explorar.

Em síntese, uma tradição de pesquisa proporciona um grupo de diretrizes para o desenvolvimento de teorias específicas. Partes destas diretrizes constituem uma ontologia que especifica, de modo geral, os tipos de entidades fundamentais que existem no domínio ou nos limites do domínio que é encaixada a tradição de pesquisa. A função das teorias específicas que limitam as tradições de pesquisa é explanar todos os problemas empíricos no domínio por 'redução' à ontologia da tradição de pesquisa. Se a tradição de pesquisa é comportamentalista, por exemplo, ela considera que somente as entidades legitimadas pelas teorias behavioristas, podem ser postuladas diretamente e publicamente por observáveis físicas e gestos fisiológicos. Se a tradição de pesquisa é da física cartesiana, ela especifica que somente a matéria e as ideias existem, e as teorias que tratam de

outros tipos de substâncias (ou de ideias e matérias “misturadas”) são inaceitáveis. Todavia, as tradições de pesquisa esboçam as diferentes formas pelas quais estas entidades podem interagir. Deste modo, a partícula cartesiana pode somente interagir por contato. Entidades, completas como a tradição de pesquisa marxista, pode somente interagir por virtude das forças econômicas que a influencia (LAUDAN, 1977).

Muitas vezes, a tradição de pesquisa pode também especificar alguns modos de procedimentos que constituem a legitimação de métodos de investigação iniciados por pesquisadores desta tradição. Estes princípios metodológicos podem ampliar o círculo em extensão, endereçando a eles mesmos técnicas experimentais, métodos de testes e avaliações teóricas, semelhantemente. Por exemplo, a postura metodológica de um cientista estritamente da tradição de pesquisa newtoniana é inevitavelmente indutivista, permitindo a adoção de somente aquelas teorias que têm os dados “inferidos indutivamente”. Os métodos para os procedimentos dos psicólogos behavioristas são usualmente chamados “operacionalistas”.

Se o cientista desenvolve tentativas consideradas proibidas pela metafísica e metodologia da sua tradição de pesquisa ele repudia em si mesmo esta tradição. Se, por exemplo, um behaviorista começa a conversar sobre percurso subconsciente, se um marxista especula sobre ideias que não surgem em resposta a subestrutura econômica; em todos os casos, a atividade indica determinar um empaldecimento do cientista em questão. Pela interrupção com a ontologia e metodologia da tradição de pesquisa que ele (cientista) tem trabalhado, ele violenta as estruturas desta tradição e se separa dela. É desnecessário afirmar, que isso não é uma coisa necessariamente ruim. Algumas das mais importantes revoluções no pensamento científico têm surgido de pensadores que tiveram ingênuas interrupções com as tradições de pesquisa de seus dias e inauguraram uma nova. Mas nós devemos preservar, se nós entendermos qualquer lógica ou a história das ciências naturais, a noção da integridade da tradição de pesquisa, para ela é exatamente esta integração que estimula, define, delimita e que pode resultar na solução de muitos dos grandes problemas científicos (LAUDAN, 1977).

Apesar de ser vital a distinção entre os componentes ontológicos e metodológicos de uma tradição de pesquisa, as duas são intimamente relacionadas,

e em verdade por razões naturais: isto é, estas visões de uma tradição sobre *métodos* apropriados de inquirição são geralmente compatíveis com a sua visão sobre o *objeto* de inquirição. O que, por exemplo, Charles Lyell definiu de “uniformidades” na tradição de pesquisa em geologia, sua ontologia era restrita para funcionamento de causas presente e sua metodologia insiste que se deve “explicar os efeitos passados em termos das causas presentes”. Externamente em uma ontologia “presentista”, sua uniformidade metodológica pode ser inapropriada; posteriormente, a ontologia presentista não pode ter permitido Lyell a explicar o passado geológico. Similarmente, a ontologia matemática da tradição de pesquisa cartesiana (uma ontologia debatida que todas as mudanças físicas são mudanças *quantitativas*) realmente fechou a conexão com o dedutivismo (inspirada matematicamente) e o axioma metodológico do cartesianismo. Podem-se ver que nem sempre acontece o entrelaçamento da ontologia e metodologia de uma tradição de pesquisa (por exemplo, a metodologia indutivista da tradição de pesquisa newtoniana teve unicamente frágeis conexões com a ontologia da tradição), mas desta forma são mais apropriadamente exceções do que regras (LAUDAN, 1977).

Assim, a definição da tradição de pesquisa pode ser levantada: a tradição de pesquisa é um grupo de suposições gerais sobre as entidades e processos em domínio de estudo, e sobre métodos apropriados para serem usados quando investigando problemas e construindo teorias neste domínio (LAUDAN, 1977).

Outro filósofo que traz contribuições para a discussão da ciência moderna é Lacey (1998), que no seu livro *Valores e Atividade Científica*, explora os diferentes papéis que os valores desempenham em relação à atividade científica. Ele diferencia os valores sociais dos valores cognitivos, estes últimos que, na sua perspectiva, constituem o sistema de referência para a racionalidade de escolha de teorias na ciência.

O autor divide a sua discussão em três níveis, o primeiro é aquele em que se selecionam as questões, os dados a serem investigados e se restringem às teorias a serem consideradas (momento em que os valores sociais estão envolvidos); outro nível é aquele da aceitação da teoria no qual somente os valores cognitivos devem ser suficientes (visando a imparcialidade); e um terceiro nível que

corresponde à apropriação e aplicação do conhecimento científico (em tecnologia, por ex., isto que envolve os valores sociais).

Sua proposta inicia-se da discussão sobre a filosofia (metafísica) que subjaz a ciência moderna, que ele denomina de materialismo científico. Nas palavras do autor, a atividade científica dentro dessa compreensão filosófica pode ser descrita:

[...] as teorias são desenvolvidas e comprovadas dentro de certas estratégias que restringem os tipos de teorias que podem ser consideradas e selecionam os tipos de dados empíricos relevantes para a comprovação de teorias. [é o que ele chama de estratégias materialistas de restrição e seleção]. Elas restringem as teorias de tal modo que representem os fenômenos em termos de sua concordância com as leis da natureza, bem como em termos de sua geração por intermédio das estruturas, dos processos e das leis que lhes são subjacentes (LACEY, 1998, p.17).

A filosofia do materialismo científico possui uma formulação em torno do que é a lei, a teoria, como elas se constituem, qual sua estrutura, função, validação e abrangência explicativa. Assim, de forma simplificada, as leis representam relações entre quantidades. As teorias por sua vez expressam uma imagem das coisas em termos de leis e quantidades. Nas teorias os fenômenos são apresentados abstraindo-se de qualquer relação com as questões relativas a valores sociais, portanto estes últimos são irrelevantes para a representação teórica. Tais teorias são comprovadas a partir de sua relação com os dados empíricos selecionados, estes que são submetidos a critérios intersubjetivos de replicabilidade. Neste âmbito os dados que possuem maior destaque são os quantitativos, os que descrevem os fenômenos abstraindo-os de seus contextos de valor, e o mais importante, os dados obtidos por observação dos fenômenos produzidos pela experimentação (LACEY, 1998).

Dentro dessa compreensão se extrai a tese de neutralidade que se justifica pela filosofia do materialismo científico pelo pressuposto de que “o objetivo da teoria científica é representar o *mundo tal como realmente é* e, segundo, *o modo como o mundo é* independente da percepção, dos valores e dos interesses humanos” (LACEY, 1998, p.19, grifo do autor). Esta filosofia que subjaz a atividade científica considera que apenas as categorias empregadas dentro das estratégias materialistas são adequadas para representar o mundo tal como ele é.

O materialismo científico tem uma série de dificuldades. Como é possível provar que o mundo é tal como o materialismo científico afirma? Mesmo se o mundo fosse dessa forma, como é possível saber se as teorias o expressam adequadamente? Tais perguntas são fruto da ideia de que não é possível comparar diretamente as teorias com o mundo, uma vez que o que se produz são representações. Estas que compreendem uma relação entre uma teoria e um domínio do fenômeno do mundo. Assim constitui-se o paradoxo, uma vez que não se observa uma representação e este próprio termo não faz parte das próprias teorias científicas. O objetivo da teoria para o materialismo científico é “representar o mundo tal como ele é, independente das suas relações com os seres humanos”, contudo as representações são produtos humanos, construções históricas e simbólicas, derrubando-se, portanto, a ideia da neutralidade (LACEY, 1998).

Lacey (1998) discorre sobre a filosofia do materialismo científico, apontando suas fragilidades e conseqüentes críticas, desconstruindo a ideia de neutralidade e autonomia que a subjaz. Todavia, para ele a tese da imparcialidade tem que ser mantida na atividade científica, uma vez que a derrubando, como as análises sociológicas pós-modernas o fazem, colocando o conhecimento científico próximo da opinião e da ideologia, relativiza-se o sucesso da ciência moderna no âmbito tecnológico.

O conhecimento científico permite ser aplicado na tecnologia, a qual funciona, e este sucesso material “não pode ser opiniões, ideologias, dogmas ou juízos de valor; pode ser apenas conhecimento do mundo tal como ele é” (LACEY, 1998, p.28), nesta perspectiva a filosofia do materialismo científico está em cena. Assim, o materialismo científico permite explicar o sucesso da ciência, contudo não permite explicar como a metodologia científica poderia produzir conhecimento do mundo tal como ele é; e por outro lado as críticas pós-modernas são capazes de argumentar das impossibilidades da metodologia científica, mas não explicam o sucesso da ciência. Insere-se aí um dilema que Lacey (1998) procura contemplar discutindo o papel dos valores cognitivos para se estabelecer a relação entre a teoria e os dados empíricos, desempenhando papel fundamental na aceitação de teorias.

Os valores cognitivos são critérios compartilhados pela comunidade científica que a teoria deve obedecer para que seja aceita, Lacey nos apresenta a seguinte lista resumida, mas indicando a possibilidade de outros:

- *Adequação empírica* – aspectos que tratam da relação entre a teoria proposta e os dados empíricos a ela relacionada.
- *Consistência* – nos argumentos estruturantes da teoria, em sua relação com outras teorias aceitas e com as concepções dominantes em torno do objeto de estudo.
- *Simplicidade* – da própria teoria (harmonia, clareza conceitual, elegância).
- *Fecundidade* – potencial para fomentar a atividade científica.
- *Poder explicativo* – capacidade de explicação do fenômeno proposto a esclarecer, assim como a capacidade em unificar outros fenômenos e teorias, e possibilitar uma argumentação em torno do que é infundado em teorias anteriores.
- *Verdade; certeza* – a veracidade dos argumentos teóricos em relação a princípios fundamentais e aos dados.

“Com respeito aos fenômenos circunscritos a determinados espaços as pesquisas conduzidas pelas estratégias materialistas resultam em teorias que manifestam os valores cognitivos num grau elevado – este é um fato da tradição científica moderna” (LACEY, 1998, p.29-30). Por outro lado, este conhecimento quando bem sucedido no âmbito tecnológico também manifesta os valores cognitivos em grau elevado, porém estas realizações empenhadas fazem parte de contextos construídos. E continuando esta análise Lacey não aceita que a pesquisa conduzida pelas estratégias materialistas produza entendimento do mundo tal como ele é, mas produza um entendimento “sob a perspectiva do valor social de controle da natureza” subjacente à filosofia do materialismo científico (p.30). A partir de tal caracterização ele questiona a ciência moderna pautada neste valor social, buscando indicativos para uma ciência alternativa que possua um compromisso maior com o bem-estar coletivo em que se sustente em valores outros.

A partir da questão da ciência vista como uma construção social, vários outros autores discutem atualmente a importância da cultura científica na

construção das teorias. Tomam a interação entre os diferentes indivíduos que fazem parte da constituição de um laboratório de pesquisa, e procuram interpretá-la à luz da antropologia e da sociologia, como o faz Latour (2000). Para este autor, que iniciou seu trabalho no final da década de 1970, as teorias científicas são elaboradas tanto pelos construtos lógicos oriundos de uma metodologia sólida atuando sobre soluções hipotéticas de fenômenos empíricos da pesquisa, como da rede de interações formada pelos pesquisadores e outros atores sociais dentro do laboratório.

5.8 O MUNDO VISTO COMO UMA CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA

Durante a década de 1970, John Brockman organiza um conjunto de reuniões informais com alguns dos mais conhecidos pensadores da atualidade para que estes debatesses seus trabalhos e teorias. Este conjunto de reuniões é denominado clube da realidade. A síntese dos resultados desses encontros é apresentada pelo organizador na obra *Einstein, Gertrude Stein, Wittgenstein e Frankenstein* (publicado em 1987 e traduzido para português em 1989) e carrega questões do tipo:

Afinal de contas existe mesmo o universo? É uma entidade a priori que existe no espaço e no tempo, com um passado e um futuro, algo a ser descoberto, decodificado e seus mistérios desvendados? Ou os cientistas estão examinando as suas próprias cabeças, criando suas próprias invenções por meio de palavras e ferramentas (BROCKMAN, 1989, p. 261-2).

Após inúmeras participações nos debates com esses renomados cientistas e outros pensadores, Brockman consolida seu ponto de vista: “nós criamos o mundo, e o universo é uma criação de nossa linguagem, de nossas percepções” (BROCKMAN, 1989, p. 262).

O matemático Jacques Arsoc em *A Ciência e o Sentido da Vida* (publicado em 1993) argumenta que da mesma forma que a informática, a qual manipula símbolos sem nunca mergulhar em seu significado, a ciência também se limita às representações e não aos objetos em si mesmos. Para o autor,

[...] a ciência explica, no sentido que ela reduz o número de coisas necessárias para dar conta dos efeitos observados. Daí resulta um domínio intelectual do mundo físico que passa do sensível para o inteligível [...]. Parece-me impossível constatar o fenômeno da ciência sem nos interrogarmos acerca do significado dela (p. 246). [...] desse modo o sentido não está na ciência. Esta explica o mundo, quer dizer que encontra nele encadeamentos, relações de causa e efeito, que reduz a multiplicidade dos seus fenômenos, reagrupando-os por famílias regidas pelas mesmas leis [...]. A ciência descreve a materialidade desses fenômenos que nós lemos como sinais, ela é totalmente incapaz de ver neles coisas diferentes desses fenômenos materiais (ARSOC, 1993, p. 247).

Assim, por exemplo, “não se pode esperar que os cientistas resolvam os problemas éticos que o desenvolvimento científico e técnico põe a sociedade (...) [nem] se pode pedir à ciência que responda à questão do sentido” [do caos, da evolução, etc.] (ARSOC, 1993, p. 248).

Semelhante ponto de vista apresenta o físico quântico Roland Omnés que, em seu livro *Filosofia da Ciência Contemporânea* (publicado em 1994), afirma que a ciência foi constituída por oposição à metafísica por pura necessidade. Mas, ao contrário do que se pensa, esta não morreu e hoje, somente ela pode alcançar o que a ciência traz em si e não consegue dizer. Para Omnés, a ciência é (também) uma representação abstrata e codificada, mas fiel da realidade, representando o mundo como encerrado numa estreita malha de regras (as leis científicas).

Existem três categorias diferentes dessas regras: 1) as regras empíricas (primárias), os princípios (universais) e as leis propriamente ditas (consequências particulares que podem ser deduzidas dos princípios e se aplicam a uma categoria específica de fenômenos). Como todas as representações, a ciência evolui através da história e esse processo parece confirmar a existência de princípios universais. A permanência das leis por meio dos progressos realizados e seu caráter preditivo sugerem que a representação científica ultrapassa o limite das aparências, mas não alcança a natureza íntima das coisas, já que esta representação se trata apenas de relações, apresentadas nas formas da lógica e das matemáticas, conservando certa distância da realidade.

A uma distância maior entre a ciência e a realidade, se localiza a filósofa da ciência Maria Manoel Araújo Jorge. Após exaustivo estudo sobre as tendências epistemológicas contemporâneas, em seu livro *Da Epistemologia à*

Biologia (publicado em 1994) a autora alerta para uma visão generalizada na epistemologia contemporânea sobre a ideia da ciência ser uma construção de um universo artificial. E mais, ela defende a ideia de ser a ciência moderna feita de modelos e teorias oriundas de simulações computacionais construídos não a partir de fenômenos naturais, mas dos modelos matemáticos desses fenômenos.

Assim sendo, num conjunto de modelos "possíveis", o real é apenas o mais viável já que o objetivo principal da simulação é "prever" o comportamento do sistema estudado. "Desse modo, o paradigma informacional (...) invade a metodologia científica, reforçando a dimensão operacionalista funcionalista da ciência contemporânea" (ARAUJO JORGE, 1994, p. 18). Assim, "enquanto opção epistemológica, o operacionalismo envolve (em coerência com o positivismo que o inspira) uma desistência explícita de um pronunciamento sobre uma adequação ontológica do discurso científico à realidade" (ARAUJO JORGE, 1994, p. 19).

D'espagnat em *Uma Incerta Realidade* (publicado em 1995) defende o ponto de vista de que, por um lado a física oferece apenas uma alegoria do real, oriunda da realidade (o conjunto dos fenômenos); por outro lado, a própria física admite a existência de uma realidade independente (o conjunto daquilo que é), oferecendo razões para se aceitar a dualidade entre o ser e o fenômeno.

Assim, a escolha da linguagem lógica e da valorização do empirismo experimentalista na construção do pensamento científico do século XX, retirando da ciência qualquer conteúdo metafísico e idealista, aderindo-a inteiramente à matéria que constitui as coisas do mundo, não se revela por fim um sucesso nesse final de século.

As próprias descobertas da ciência revelam o caráter antagônico das conclusões, impossibilitando a resolução lógica e/ou experimental das questões que emergem dos estudos físicos e biológicos: o determinismo e o probabilismo, empurrando a questão para a discussão metafísica. Por outro lado, os modelos matemáticos (principalmente computacionais) revelam o caráter construído do real a partir da "ideia" que fica como a essência dessa atividade, onde a compreensão e a construção do mundo se misturam.

5.9 A FILOSOFIA DA BIOLOGIA NAS TRÊS ÚLTIMAS DÉCADAS

Uma questão decorrente da teoria e que vem fazendo parte da discussão filosófica da Biologia a partir da metade do século XX, como anteriormente comentado, é a ideia de correspondência entre as leis da Física e as da Biologia

Já na década de 1990, o debate se tornou mais acirrado com as questões levantadas por Stephen Jay Gould, Richard Lewontin e outros, envolvidos na reestruturação da biologia evolutiva (EL HANI, 2006). Brandon (1997) coloca que, atualmente, possuindo ou não leis, a Biologia é uma ciência legítima. A questão agora é compreender sua natureza, como ciência. A partir da investigação sobre as generalizações biológicas pode-se revelar seu grau de diferenças e proximidades em relação às leis da física e as suas próprias especificidades.

Para Mayr (2008), mais importante que as leis formuladas para a biologia são a flexibilidade e o valor heurístico dos conceitos. De tal maneira que o progresso das ciências biológicas obedeceria ao desenvolvimento de conceitos com capacidade de iluminação teórica, tais como: espécie, seleção, adaptação. O autor entende que a biologia não apresenta leis naturais universais nem deterministas como as ciências físicas, mas também expressa regularidades, embora sem o mesmo estatuto das leis da Física.

Esta questão se torna mais difícil quando se observa que a biologia não tem uma história exclusivamente experimental. E, mesmo que assim o fosse, Bohr (1932 citado por BOUNIAS, 1990) e Schrödinger (1944), defendem a ideia da existência de particularidades específicas nas ciências da vida em relação à física contemporânea.

De fato, são duas grandes áreas que compõe o conhecimento biológico: a área morfo-funcional (fisiologia, farmacologia, bioquímica, biologia celular, biologia molecular, imunologia, principalmente), que se ocupa das atividades internas do organismo; e a área populacional (evolução, ecologia, biogeografia, paleontologia, principalmente), cujas preocupações são as transformações desse

organismo nas populações e comunidades na interação com o meio ambiente presente e passado (NASCIMENTO JÚNIOR, 2001).

A tradição naturalista dos filósofos do século XVIII, levada ao século XIX e responsável pelas teorias evolucionistas e pelo desenvolvimento da biogeografia, ecologia e paleontologia, apresenta uma concepção não mecanicista da natureza e um método mais hipotético-dedutivo do que experimentalista de obtenção de dados. Assim, estas abordagens fogem da ciência físico-fisiológica de visão mecanicista e método experimental.

O modo fisiológico de pensar continua se desenvolvendo dentro da tradição mecanicista (e reducionista). A fisiologia vai, aos poucos, se reduzindo à biofísica e à bioquímica. O sistema vivo é assim visto do modo termodinâmico como uma reação à desordem entrópica. A ideia molecular do gene (a estrutura e a função do DNA, a física e a química da molécula) reduz toda a funcionalidade dos mecanismos orgânicos às moléculas, em cujo interior reside a maioria das funções desses organismos.

O modo evolucionista de pensar, influenciado pelas descobertas da genética no início do século, modernamente unifica a teoria darwiniana aos conceitos de genética de populações produzindo o neo-darwinismo (e, mais tarde, o neutralismo e a evolução pontual). Este atribui ao acaso tudo de novo que se fixar na espécie pela seleção natural. Esta seleção atua nos fenótipos e, conseqüentemente, nos genes que mudam casualmente por ações físicas ou químicas, em sua molécula. É um modo kantiano de pensar, onde a origem endógena “a priori” é semelhante às categorias kantianas (conforme PIAGET, 1973).

O pensamento neutralista não foge às bases do neodarwinismo já que também considera que as mutações ocorrem ao acaso. Apenas a origem da frequência dos genes é diferente, pois esta teoria considera que as espécies podem manter genes não adaptados, mas, neutros, não necessariamente selecionados, mas, produzidos por uma taxa de transformação das bases constitutivas dos genes oriundas das propriedades da própria molécula. A importância desses genes neutros hoje não é, mais, motivo de discussão.

Para Caponi (2004), nesta distinção entre a biologia funcional e a evolutiva quanto a redução possível da biologia à física e à química, tanto os argumentos anti-reducionistas da biologia evolutiva não podem ser usados para a

biologia funcional como os pró-reducionistas da **biologia funcional não se prestam à** evolutiva. Isto porque, embora as perguntas que guiam esta última sejam diferentes daquelas da física (são perguntas funcionais), as respostas podem ser escritas na língua da física. O que não pode acontecer no caso da biologia evolutiva, já que suas perguntas não conduzem a uma indagação física dos seres vivos.

Há questões sobre a filosofia da evolução que, por sua vez, são bastante, polêmicas. Em sua obra *O Acaso e a Necessidade* (publicado em 1970), Jacques Monod coloca as bases da questão da vida e suas transformações no mundo dos físicos e químicos e talvez melhor sintetize a relação entre o mecanismo bioquímico e a evolução. Para Monod (1972) a teoria do código genético constitui a base fundamental da biologia. Numa primeira fase a natureza obedece unicamente as probabilidades do acaso. Numa segunda é programada de forma rigorosa pela necessidade das certezas operadas pela seleção natural. Assim, ele afirma que os seres vivos possuem um projeto teleonômico contido em seu material genético. Monod, no entanto, passa da química e da evolução para as sociedades humanas procurando uma explicação através da redução das segundas às leis da primeira.

Althusser (1974), ao analisar o pensamento de Monod (em *A Filosofia e a Filosofia Espontânea dos Cientistas*, 1974), conclui que este defende dois pontos de vista antagônicos. Quando analisa os fenômenos biológicos ele toma referências materialistas, mas ao reduzir as organizações sociais às formas mecanicistas da natureza ele se torna idealista.

Por outro lado, na interpretação de Bunge (1980), a teleonomia de Monod se aproxima da teleologia, ou seja, do finalismo tradicional. Para Bunge, o finalismo é vencido pela combinação entre a teoria do biocontrole e a teoria da evolução. A primeira demonstra o mecanismo de controle responsável pela homeostase. A segunda as vantagens apresentadas pelos organismos que possuem tal homeostase.

Ernst Mayr (2008) enumera cinco tipos de teleologias: processos teleomáticos (são processos automáticos); processos teleonômicos (ocorrem por um programa que leva a uma meta); comportamento proposital (claramente orientados para uma finalidade declarada); características adaptativas (resultados a *posteriori*,

produtos da evolução) e; teleologia cósmica (mudanças se dariam por uma força interior ou uma tendência).

Para Ferreira (2003), na biologia contemporânea, a questão da existência de fenômenos teleológicos está ligada a dois tipos de explicação: às que envolvem causas próximas e às causas distantes. O avanço do conhecimento da fisiologia e de aspectos moleculares dos fenômenos biológicos levou as explicações físico-químicas ao fortalecimento da preocupação acerca das causas próximas enfraquecendo, pois, a ideia de causas distantes.

Ainda segundo o autor, as explicações que estão ligadas às causas distantes, necessitam da ideia de uma pré-ordenação dos eventos, produto da intencionalidade, a da consciência. Esta pré-ordenação evidencia a distinção qualitativa entre ordem e acaso. É difícil conceber que há algo de arbitrário na percepção da ordem ou que os estados ordenados possam surgir espontaneamente da desordem. Isto é que tornam necessárias as exigências de pré-ordenação e de consciência para que as explicações com referência ao futuro sejam pensáveis. São estes pontos que provocam a necessidade de formulação das explicações finalistas de modo a gerar paradoxos de causalidade.

A seleção natural pode descrever todo o processo evolutivo sem a participação da teleologia. As variações populacionais surgem ao acaso, já que o material genético não é perfeitamente estável. Dos vários tipos de indivíduos resultantes alguns terão mais sucesso que outros em sobreviver e se reproduzir em função de suas características físicas e comportamentais. O responsável pela seleção é a totalidade do ambiente por interações físicas comuns. No entanto, subsiste o problema de que tais eventos ocorrem em matéria viva previamente organizada e que se comporta contemplando fins, de modo teleológico (FERREIRA, 2003).

O comportamento teleológico de um sistema se define a partir da existência de um programa interno nele contido. O programa genético se caracteriza por uma entidade cambiante que antecede o organismo por milhões de anos, cujo funcionamento pressupõe certa continuidade entre o ambiente no qual o programa foi reproduzido e o ambiente ao qual ele responderá. Assim, uma cadeia de eventos naturais elimina a necessidade da intencionalidade, restando apenas a pré-ordenação gradual conectada à transmissão do programa, ou seja, a reprodução.

Esta teleonomia, ou seja, versão das causas distantes em biologia corresponde ao projeto denominado redução ontológica dos fenômenos biológicos a seus componentes físico-químicos. Esse tipo de projeto só foi possível com o advento da genética molecular, e originou o conceito, a propriedade dos processos orientados a um fim em razão de serem desencadeados por programas estabelecidos no passado. Este tipo de processo não envolve intencionalidade, nem tem o futuro como causa, e só envolve fenômenos físicos aos dos simples, idênticos corpos menos organizados.

Ferreira (2003) discute três razões que sustentam a presença da teleologia na biologia. A primeira diz respeito à insuficiência do poder heurístico do mecanicismo fisicalista na explicação dos fenômenos biológicos. De fato, há muito coisa na biologia que não pode ser reduzido há descrições como faz a física. Descrever os fenômenos que ocorrem em um organismo em termos físicos, não é explicá-los. Se a escala de tempo for reduzida, a descrição se aproxima da explicação, mas se a escala for grande, a explicação do fenômeno se aproxima da explicação da própria vida.

O caráter histórico da biologia é a principal dificuldade do reducionismo já que o surgimento da vida e o processo de evolução não são decorrências do que a física diz sobre a matéria. A segunda consolida à legitimidade de se utilizar da teleologia como metáfora na biologia já que uma linguagem estritamente reducionista se apresenta como um procedimento insuficiente. A terceira diz respeito ao problema do escopo da intencionalidade e da consciência, sustentando que ações conscientes e intencionais como o comportamento animal e humano acarretam processos teleológicos.

Um tanto deslocado dessa discussão acerca do pensamento de Monot e da teleologia, Barbieri em sua *Teoria Semântica da Evolução* (de 1984) propõe a ideia da evolução na natureza seguir regras como uma linguagem cuja sintaxe se assemelha às linguagens humanas. Seu argumento, embora de constituição biológica, não escapa de certa identificação com o idealismo já que toma, à semelhança de Kant, as regras da razão (ou parte delas) como regras da natureza.

Já Ervin Laszlo em *Evolução. A grande síntese* (1987) se dirige a outro caminho e, tomando elementos da física do caos, procura afastar qualquer

traço do determinismo nas transformações da natureza. Admite, no entanto, que há nelas uma direcionalidade que afasta os sistemas físicos do terceiro estado (organismos desequilibrados) de um possível equilíbrio para os fazerem chegar ao domínio superior e não linear em que a vida surgiu e, talvez, segundo o autor, também a inteligência. Há certa teleologia oculta nessa direcionalidade.

Laborit, por sua vez, em *Deus Não Joga Dados* (de 1988) aborda a mesma questão por outra via. Para ele (também biólogo) o universo é constituído por níveis de organização semelhantes às bonecas russas que se encaixam umas nas outras. O problema é que, uma visão tão ambiciosamente integradora exige, de certo modo, uma lei geral (ainda desconhecida) que regencia todo o universo. Uma questão que lembra um pouco as regras gerais da geometria do universo perseguidas pelos físicos deterministas. Essa visão parece um tanto idealista por se aproximar do ente matemático de Platão que dá sentido à natureza física.

Em 1990 Bounias em *A Criação da Vida*, após estudar 660 publicações sobre a questão, conclui que as peças do jogo da natureza para o aparecimento da vida se encaixam sem a intervenção do acaso. Assim, “entre uma abelha, um pé de trevo e um homem acabamos por não ver mais que diferenças de anatomia” (BOUNIAS, 1990, p. 342). Esse determinismo é compartilhado por Lamy em *A Inteligência da Natureza* (1994) e aproxima a ambos da ideia idealista de um "plano apriorístico" de governo do universo.

Já, Jean-Marie Pelt, em sua obra *Do Universo ao Ser. Reflexão Sobre a Evolução* (1996), se baseia em três pares de conceitos para se entender o processo de evolução: (1) a unidade na diversidade, (2) a coexistência e (3) os níveis de complexidade do real, da competição e da cooperação. Há, pois, uma dialética permanente, impondo escolhas às vezes restritivas, mas criadoras, da ordem e da liberdade. Para o autor, o Deus Cristão parece sintetizar tal dialética seja como uma projeção (da natureza em deus) seja como expressão (de deus na natureza). Uma questão que se aproxima dos temas hegelianos.

As tentativas de elaboração de uma teoria global que abrangesse os mundos físico e biológico começam, na década de 60, a se organizar em torno das matemáticas, em que se considerava que talvez os modelos matemáticos-informacionais permitiriam que se construísse modos comuns de se pensar as coisas físicas e as coisas vivas do mundo.

Dentro dessa óptica se encontra a teoria das catástrofes de Rene Thom. Essa teoria se propõe a explicar o aparecimento de acidentes descontínuos em meios contínuos. É um meio de descrever as discontinuidades. Os praticantes dessa teoria na biologia esperavam que ela possibilitasse, dentre outras coisas, explicar a extinção das espécies. Havia a esperança que a teoria da catástrofe demonstrasse que a “a extinção era tão somente uma consequência das mesmas leis demográficas e ecológicas que permitiam a uma espécie propagar-se inicialmente”. Contudo não foi eficiente e ela não se faz presente na prática biológica atual (LEWONTIN, 2002, p.114). Assim, a teoria é uma metodologia, um meio de diante de qualquer fenomenologia interpretá-la e ultrapassar tal interpretação.

No livro *Estabilidade estrutural e morfogênese* (publicado em 1972), Thom sugere que é possível representar praticamente todas as formas da natureza através de modelos matemáticos denominados campos morfogenéticos. Esses modelos podem facilitar a resolução de questões não solucionadas na biologia como prever a evolução de uma estrutura de um organismo sem considerar sua constituição genética. A teoria elaborada pelo autor e sua visão teórica o colocam na condição de um determinista, condição, aliás, que Thom é um defensor ferrenho.

Para o autor, na biologia moderna, a ideia de forma é determinada pela química enquanto as leis quantitativas da física são consequências da geometria do espaço-tempo. Na verdade esta geometria tem influência no mundo biológico de modo mais qualitativo, mais próximo da topologia. Assim, para Thom, a química e a variabilidade genética são fenômenos passageiros e de contingência enquanto aquilo que se mantém oculto e é verdadeiramente importante são as invariantes de origem espacial. No entanto tais invariantes não são notadas pelos biólogos por não possuírem instrumentos conceituais para se aperceberem delas (prefácio da obra de Marcelo Barbieri, *Teoria Semântica da Evolução*, 1984).

No eixo das teorias probabilísticas há vários pesquisadores trabalhando com a ideia de se explicar a emergência da ordem biológica a partir de situações caóticas (uma espécie de princípio da ordem pelo ruído). A ideia desse princípio foi segundo Pessis-Partenak (1993) inicialmente elaborada por Von Foerster na década de 60 que considera o ruído como significativo e perturbador.

Estas perturbações são o germe da estrutura complexa. Tal ideia está alinhada à tradição bachelardiana, também defendida por Michel Serres. Para Serres, em seu livro *Hermes, Uma Filosofia da Ciência* (publicado em 1990) tudo que importa na ciência são os pequenos fenômenos aleatórios. Por este ângulo, tudo o que se conhece sobre a ciência só é possível alcançar a partir de singularidades. Se mudarmos o sistema, mudaremos de verdade, é o pluralismo.

Na mesma linha da ordem pelo ruído se encontra Henri Atlan. Sua teoria formal de auto-organização produz “o acaso organizado”. Na obra *Entre O Cristal e a Fumaça* (publicado em 1979) ele pergunta sobre a organização como criação ininterrupta de sentido de vida entre duas formas de morte, a rigidez do cristal e a evanescência da fumaça.

Esse princípio de desordem organizadora também se encontra na obra de Edgar Morin. Para o autor o universo tem que ser concebido como um tetragrama: ordem/desordem/interação/organização o qual permite o entendimento do seu jogo, revelando sua complexidade e permitindo um diálogo com os mistérios do mundo. As teorias científicas não são o reflexo do real, mas sim projeções do espírito humano sobre o real, ou seja, para Morin o que se capta do mundo é o objeto co-produzido por nós, enraizado na cultura e na história do objeto que se observa. Suas ideias estão bem sintetizadas na obra *Introdução ao Pensamento Complexo* (1990).

Ilya Prigogine com suas “estruturas dissipativas” propõe uma nova teoria sobre a criação, da ordem pela desordem. Esta teoria, originalmente voltada a sistemas físico-químicos particulares, procura mostrar que certas formas de ordem podem estabelecer-se de maneira espontânea em um sistema fora de equilíbrio. Prigogine expande o modelo aplicando-o também à química, à biologia e até à sociologia, procurando uma integração total.

Ao contrário de Morin, que acredita que o pensamento humano não reflete o mundo, mas uma representação dele distanciando o pensamento da natureza, Prigogine, em sua obra *A Nova Aliança* (publicado em 1979, e, em português em 1991), acredita num “saber reconciliador” através da “escuta poética da natureza”. A partir desse saber, em *O Fim das Certezas* (publicado em 1996), usando as referências do tempo e do caos, Prigogine busca formular uma síntese

entre o determinismo e o probabilismo, procurando assim superar as limitações empíricas do conhecimento da natureza.

Nas estruturas dissipativas não há mais um antagonismo entre determinismo, irregularidade e acaso de forma que a irregularidade é o resultado de um jogo determinista, não linear com diversas variáveis, diferenciando-se de um sistema aleatório clássico. Assim, a realidade existe entre a irregularidade e o determinismo. Para o autor “as leis não governam o mundo, mas este tampouco é regido pelo acaso. As leis físicas correspondem a uma forma de inteligibilidade que as representações probabilistas irreduzíveis exprimem” (PRIGOGINE, 1996, p.199).

5.10 UMA DIALETIZAÇÃO ESPONTÂNEA DA CIÊNCIA?

Embora, originalmente, a mecânica quântica não tenha uma identificação metodológica e epistemológica próxima ao materialismo dialético, Boher, um dos seus construtores, sofre grande influência de Hegel na elaboração de seus conceitos. A mecânica quântica nasce assim elaborada por princípios constituídos de uma estrutura de elementos contraditórios e de previsibilidade incerta. É um processo oposto àquele apresentado pelos resultados oriundos da verificabilidade empírica ou mesmo da falseabilidade crítica, ambos estruturados sobre a lógica formal, a lógica matemática e as geometrias. Por isso, esta ciência se presta à justificativa das teses de Lênin, conforme procedeu Fataliev (1966).

Também Gurvich, no livro *Dialética e Sociologia*, publicado em 1962, afirma que Bohr abriu caminho para uma perspectiva dialética da Física já que a teoria dos corpúsculos e a teoria ondulatória da luz, longe de serem exclusivas, se interinfluenciavam, embora cada uma fosse contrária à outra. Esta forma de dialética foi denominada dialética da complementaridade e aplicada a várias outras áreas da física.

Esse modo quântico de pensar acaba por produzir a reelaboração de uma nova lógica não formal. A presença da lógica matemática favorece ainda mais o aparecimento de lógicas não formais. A lógica paraconsistente, construída por Newton da Costa em sua tese de doutorado *Sistemas Formais Inconsistentes*

defendida em 1963 e publicada na forma de livro em 1994, é uma delas. Embora o autor seja declaradamente pragmático, esta lógica é capaz de apreender e integrar teorias do conhecimento essencialmente contrárias, como a teoria da relatividade e a mecânica quântica. A lógica paraconsistente é então, na expressão do próprio autor, um procedimento dialético.

Na rota das matemáticas tanto a geometria como os modelos apontam para um procedimento dialético. Na geometria, os fractais de Mandelbrot, publicados em 1977 em sua obra *Fractais: Forma, Acaso e Dimensão*, demonstram a existência de uma irregularidade regular no mundo. Quanto aos modelos matemáticos, Alain Badiou em seu livro *Sobre o Conceito de Modelo* editado em 1972, propõe a ideia de modelo como “a causalidade retroativa do formalismo sobre sua própria história científica, história conjunta de objeto e uso. E a historicidade do formalismo será a inteligibilidade antecipante daquilo que constitui retrospectivamente como seu modelo” (p. 93). É a aplicação histórica (elaborado por um autor marxista) na construção de um modelo matemático.

No âmbito da biologia as questões se concentram nos conflitos apresentados no interior de seus paradigmas. Sendo a evolução a base do pensamento biológico, o palco dos desafios se encontra em seu interior. As discussões entre selecionistas e neutralistas, seleção pontual e saltacional, herança e ambiente social, se desdobram em questões do tipo determinismo ou construtivismo e, por último, positivismo ou dialética. Alguns autores já procuram novas orientações metodológicas e epistemológicas para ampliar respostas e solucionar conflitos.

Em oposição ao determinismo na natureza e, por extensão, na sociedade humana, vários pesquisadores e filósofos se expressam de forma nova. As obras *Contra o Determinismo Biológico* editada em 1982 por Steven Rose, *Genética e Política*, editada por Richard Lewontin, Steven Rose e Leon Hamin, em 1984 e *The Dialectical Biologist* editada por Richard Lewins e Richard Lewontin em 1985, *A Herança da Liberdade* editado por Albert Jacquard em 1989, e vários artigos científicos como *A sociobiologia* escrito por Antônio Fernandes Nascimento Júnior em 1983, demonstram a disposição dos biólogos em reagir ao pensamento pragmático e, ao mesmo tempo, incluir discussões sobre o contexto filosófico, social e econômico dos fenômenos biológicos e da própria biologia.

Também na área de ecologia, se manifestam conflitos acerca dos modos antagônicos da compreensão das relações físicas, químicas e biológicas da natureza. Esta ciência, essencialmente baseada na visão reducionista da termodinâmica, hoje enfrenta os mesmos dilemas epistemológicos entre o holismo e o reducionismo, conforme demonstra o trabalho de Wiagert, publicado em 1988, *Holismo e Reduccionismo em Ecologia: Hipóteses, Escalas e Modelos Sistêmicos*.

Outrossim, o pensamento quântico também se dirige à biologia, numa tentativa de, ao analisar as funções vitais, introduzir, no universo quântico, as ciências da vida. Assim, o trabalho de Donald e Penrose *Teoria Quântica e o Cérebro*, publicado em 1990, procura matematicamente colocar as funções cerebrais no universo da provável incerteza para melhor entendê-lo.

Althusser, em sua obra *Filosofia e Filosofia Espontânea dos Cientistas*, publicada em 1976, explica que, em muitos casos o cientista concebe o mundo de forma diferente daquela apontada pelos resultados de seus trabalhos experimentais ou teóricos. Assim o autor defende a ideia de que é necessário libertar o que na ciência é científico, identificando o caráter ideológico das suas relações sociais.

Esse distanciamento espontâneo de alguns cientistas acerca da ideia de determinismo da natureza e o reconhecimento da existência de princípios contraditórios nos fenômenos naturais, colocam o pensamento desses cientistas e filósofos desalinhado à ciência convencional. A necessidade de uma forma lógica para trabalhar com as contradições, de formas geométricas irregularmente regulares e ainda de considerações metodológicas onde sujeito e objeto se continuam, vem a aumentar este distanciamento com as velhas ideias.

Esta “nova ciência” que se constrói no bojo da “velha ciência neoempirista” é, assim expressa por cientistas e detectada por filósofos. Na conferência de abertura das aulas na Universidade de Coimbra para o ano letivo de 1985/1986, o filósofo Boaventura de Souza Santos falou da nova ciência. Seu trabalho se intitula *Um Discurso Sobre as Ciências* (publicado em 1987) e nele o autor defende uma ciência pós-moderna constituída de quatro teses, sendo estas: (1) todo conhecimento científico-natural é científico-social, (2) todo conhecimento é local e total, (3) todo conhecimento é auto-conhecimento e (4) todo conhecimento científico visa constituir-se em senso comum.

Dessa ciência, os aspectos éticos, econômicos, políticos e sociais e epistemológicos são colocados e discutidos na obra *Science and Beyond*, editada em 1986 por Steven Rose e Lisa Appignanesi e traduzido para o português com o título *Para Uma Nova Ciência*.

Sobre as certezas científicas, o físico e filósofo Abraham A. Moles, em seu livro *As Ciências do Impreciso*, publicado em 1990 (e traduzido para o português em 1995), afirma que não há certezas definitivas nem mesmo nas ciências exatas. Para o autor, o pensamento científico se impõe como um sistema totalizante gerando, com isso, uma permanente oposição à sua natureza. Esse modo impreciso de pensar amplia o campo epistemológico e propõe outra maneira de tratar o conhecimento que não a convencional, tais como: (1) as escalas para medir o mal definido, (2) a similaridade, (3) as matrizes de congruências, (4) a análise fatorial e outros.

O filósofo Edgard Morin em seu livro *As Ideias*, publicado em 1991 também afirma o final da ciência moderna após Einstein em função do aumento da frequência de acasos, desordens e indeterminações, cada vez mais comuns em seu âmbito. Para o autor, o grande paradigma da ciência ocidental, formulado por Descartes, que separa substância pensante de substância extensa e, conseqüentemente sujeito de objeto, alma de corpo, espírito de matéria, além de reduzir o complexo ao simples, se encontra ameaçado por não considerar o singular e aleatório. Para autor, é necessário reunificar estes elementos numa totalidade única.

Estes filósofos não se intitulam dialéticos, mas as leis da dialética e algumas de suas categorias tais como forma e conteúdo, essência e aparência, indução e dedução, mediato e imediato, concreto e abstrato (escritos por Henri Lefebvre na sua *Lógica Formal e Lógica Dialética*, editada em 1969, traduzida para o português em 1975; e Kedrov, na sua *Dialética, Lógica, Gnoseologia, uma Unidade*, de 1970) cabem bastante na sustentação dos argumentos desses autores. Cabem também no mundo científico dos físicos, matemáticos e biólogos discutidos. Esta ideia de movimento espontâneo em direção ao materialismo dialético já foi citado nos trabalhos de Kedrov escritos em 1976.

Henri Atlan em *Com Razão ou Sem ela* (publicada em 1987) afirma que a realidade apresenta muitas formas de entendimento sendo que a científica é

apenas uma dela e mesmo em seu interior há várias possibilidades. Já, Boaventura de Souza Santos, em sua *Introdução a uma Ciência Pós-Moderna* (de 1989) alerta para a crise das ciências e propõe uma racionalidade mais ampla e próxima ao senso comum. Jean-Jacques Wunenburger em *Razão Contraditória, Ciências Filosofias Modernas: o Pensamento do Complexo* (publicada em 1990) indica uma crise inclusive da lógica como instrumento para o entendimento do real.

Onde dominava de maneira incontestada uma única lógica tida como funcional e ao mesmo tempo verdadeira, estão em concorrência atualmente pelo menos dois tipos de lógica, a que cuida de encerrar o dado numa quadrícula, fácil de vigiar e a que deseja fazer com que se penetrem o exterior e o interior das coisas, o espaço e o tempo, a identidade e a alteridade. A episteme contemporânea acha-se pois situada numa bifurcação entre uma lógica parcelar e fechada (...), e uma lógica aberta, pluredimensional e conflituosa (WUNENBURGER, 1990, p. 20-1).

Tais considerações encontram respaldo também em outros autores de porte, tais como Chalmers em *A Fabricação da Ciência* (1990), Arsac em *A Ciência e o Sentido da Vida* (1993), D'Espagnat em *Uma Incerta Realidade* (1995), Prigogine em *O Fim das Certezas* (1996) e Stirn em *Os Pensadores Contemporâneos* (1999). São dúvidas cruciais que revelam a falta de fôlego do neo-empirismo neste início de século XXI, já consensual e abrangente.

Para Maria Manuel Araújo Jorge, porém, a complexidade, foi tida como a expressão de um novo “espírito epistemológico” mudando a imagem mecanicista da natureza, da relação com ela e o modo de fazer ciência, superando o reducionismo tradicional, reconhecendo a autonomia e as inter-relações entre os diferentes níveis da realidade. As ciências, assimilando o espírito da complexidade, estariam abertas a uma consciência dos seus limites fundamentais. Mas, a ciência contemporânea continua marcada pelos tiques tradicionais do mecanismo e de sua atitude calculatória. Há, pois, o risco se transformar a própria idéia de complexidade em obstáculo epistemológico (BAUNGARTEN, 2006).

Andrada (2007) aponta uma crítica à teoria da complexidade com respeito a seu pressuposto ontológico, apontando o problema desta teoria determinar sua forma de atuação a partir de uma teoria metacientífica, experimentalmente impossível de ser executada.

Por outro lado Cirne-Lima também tem a preocupação de buscar o encontro da dialética, com a lógica formal e a visão sistêmica. Ainda não logrou êxito, mas caminha trabalhando com a complementaridade de Bohr (MARGUTTI PINTO, 2009). É um caminho promissor.

5.11 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

As questões da filosofia da biologia nos primeiros 50 anos do século XX, à semelhança com as demais ciências naturais, se concentraram, principalmente, no problema da estrutura da biologia e em seu papel social. O contexto sócio-histórico no qual esta situação se desenvolveu foi iniciado com a época de ouro das manifestações culturais da burguesia vinda do final do século XIX e finda no início da primeira guerra mundial. Veio depois um período de paz de duas décadas, perturbado pela quebra da bolsa de valores do mundo capitalista, iniciada por Nova York, a segunda guerra mundial, a devastação da Europa, da China e do Japão, o plano Marshall e, por último, o início da guerra fria.

As preocupações sobre a estrutura do pensamento científico, por um lado, se concentraram na organização do método científico e na definição das hipóteses, teorias, modelos e leis da ciência. E concluem que o método estatístico é a grande garantia da adequação dos resultados obtidos pelo método e a constituição de teorias e modelos científicos para a explicação dos fenômenos naturais. Por outro lado, refletiram, intensamente, sobre papel social da ciência, reiterando seu papel ideológico e concluindo a existência de duas ciências. A normal, que se presta ao fortalecimento da tecnologia e, conseqüentemente, à reprodução do capital, e a crítica, que se contextualiza a si própria, tornando-se, portanto, crítica da exploração do capital sobre o trabalho.

Após o início da guerra fria, no começo da década de 1960, as preocupações sobre o método deram lugar a questões da história e da constituição do pensamento científico, como a questão da ciência crítica, dos estilos, do obstáculo epistemológico, dos paradigmas, dos programas, do anarquismo, das tradições e da pós-modernidade. O pensamento neo-empirista sofre reveses na

filosofia, a qual propõe reflexões e reformulações para o método científico, para a concepção do mundo visto pela ciência, e culmina em intenso debate acerca do papel do mecanicismo, do reducionismo e do determinismo.

Enquanto os filósofos refletiam sobre a prática dos cientistas, estes, no início da década de 1970, já haviam avançado bastante nas técnicas moleculares e, muitos procuravam resolver os problemas biológicos desse ponto de vista. Tal situação levou, ao menos temporariamente, à diminuição dos métodos de observação e descrição estruturais que foram prevalentes durante o século XIX e começo de XX (CLAROS, 2003). Tal desenvolvimento exigiu a necessidade de uma reflexão ética em suas atividades, como realizado em 1975 na Conferência de Asilomar e outras nas décadas subsequentes para discussão do uso das biotecnologias.

5.11.1 UMA REFLEXÃO HEURÍSTICA DA BIOLOGIA

Houve, no início da história da ciência, uma crença, quase unânime, de que os fenômenos da natureza “falavam por si só” e que a ideia descoberta a partir desses fenômenos, de alguma forma, participava da construção do corpo de conhecimentos produzidos sobre a natureza. Esta ideia trazia dois problemas que foram formulados por caminhos, talvez um tanto, diferentes. O primeiro é ontológico: A natureza realmente se revela? Ela é passível de ser revelada em si? O segundo é epistemológico: Sabendo-se que há um corpo de conhecimentos que fala sobre a natureza, o que garante haver, neste corpo teórico, de fato, uma ligação ao entendimento desta?

A resposta vinda da prática científica era que o método garantia a certeza da explicação do fenômeno. Ele tornava todos os olhares iguais, ou muito parecidos. É evidente que “igual” é muito diferente de “muito parecido”, principalmente se, nessa época (início do século XX) procurava-se formular, com rigor matemático, a expressão das teorias (tal qual agora). Mas, este problema foi considerado resolvido por Carnap (1988a), quando este filósofo introduziu uma

solução probabilística vinda da estatística, onde os resultados obtidos acerca dos fenômenos naturais eram garantidos por ela.

A solução de Carnap veio de consensos estabelecidos por reuniões de cientistas e filósofos preocupados com este e outros problemas da ciência. Reuniões que ocorreram por um longo período na capital da Áustria e, por isso, o grupo regular que as frequentava foi identificado pela história como *O Círculo de Viena*. Outras reuniões com propósitos semelhantes aconteceram em vários outros lugares no mundo, tais como Berlim, Frankfurt, Oxford, Budapeste. Era, pois, o que se conhecia como uma expressão da comunidade científica.

Esta comunidade, como já anteriormente mencionado, é constituída, principalmente, pelas sociedades dos pesquisadores que produzem o conhecimento científico. Neste cenário levanta-se a questão:

Qual a relação que se faz entre as comunidades e os valores sociais da biologia?

No caso da Biologia, esta ciência apresenta uma profunda vinculação com os valores sociais, tanto quando a filosofia procura subjugar os fenômenos biológicos como quando, ao contrário, a biologia procura “biologizar” os valores sociais. E as situações as quais isto se sucedeu permeiam todos os séculos desde o XVI até o XXI.

No primeiro caso, basta se lembrar de um conceito muito disseminado até o século XVIII, a teoria da cadeia dos seres. Era uma teoria formacionista, que enxergava todos os seres da terra e do céu, organizados em uma hierarquia linear e de nível de complexidade de evolução ascendente, com o europeu sendo identificado como o ser mais evoluído da Terra. O objetivo principal dos naturalistas era identificar a posição de cada espécie na cadeia através das características morfo-fisiológicas estudadas pela ciência. Tal procedimento acabou permitindo que muitos naturalistas, apoiados pela ideia de superioridade branca, descobrissem diversas especificidades na anatomia e na fisiologia humana, através de uma certeza que precisava apenas ser validada (LOVEJOY, 2005).

Eram adeptos desta teoria: Buffon, Linnaeus, Diderot, D’Alembert, Bonnet, Trembley, Rousseau, Thomson, Pope, Bolingbroke, Haller, Akenside, Kant, Herder, Addison, King, Goldsmith, Charles White, Lambert, Schiller ou em séculos anteriores John Locke, Leibniz, Edward Tyson e outros. Buffon, inclusive, elaborou

uma teoria baseada na ideia que o clima temperado europeu produziria um governo próspero, avantajaria a inteligência e a saúde enquanto que a degenerescência era uma consequência dos climas tórridos. Nestes casos, a evidência biológica estava submetida à visão filosófica da sociedade, atuando, apenas como um confirmador das teorias que emergiam da sociedade da época (CAMPOS *et alli*, 2009).

No segundo caso, já em meados do século XIX, a Biologia se prestou à doutrina do Darwinismo social, uma tentativa de redução do social ao biológico efetuada pelo filósofo Spencer, com a teoria do superorganismo. Segundo esta perspectiva, a sociedade funciona como um organismo gigante, no qual, seus elementos constitutivos e funcionais são regidos pelas mesmas leis evolutivas que atuam sobre os organismos não humanos na natureza. Neste caso, a história social se confundiria com a história natural. E, seria da natureza a palavra final acerca dos projetos humanos. Ora, o que faz humano o homem é o fato de possuir um projeto próprio, caso contrário ele se reduziria a condição de mero animal. A eugenia, proposta, por Galton (1892), bem recebida durante a era vitoriana, era uma posição ainda mais radical que a teoria de Spencer.

No século XX, o darwinismo social, várias vezes voltou a tentar submeter as ciências sociais. A sociobiologia e a genética da inteligência foram algumas de suas manifestações mais importantes.

Outro aspecto fundamental da relação entre biologia e sociedade é o produto tecnológico oriundo da manipulação do material biológico. Atualmente, entre os mais relevantes estão aqueles, oriundos da manipulação genética e, que, exigem, além de avançadas tecnologias nos procedimentos metodológicos, uma preocupação normativa acerca de sua utilização e uma reflexão sobre as implicações éticas que envolvem estes resultados e suas aplicações. São as sociedades científicas que estão envolvidas com os aspectos aqui apresentados e, são elas que mediam a relação entre a biologia e a sociedade.

A reconstrução histórica da biologia do século XX no capítulo 4 permitiu a identificação de dois elementos constitutivos fundamentais na construção do pensamento biológico. O primeiro é o ontológico, vindo da visão de mundo do biólogo e se caracterizando pela dualidade entre o mundo das estruturas e funções, dos genes, das células e dos organismos (mundo mecânico criado por Descartes e Newton) e o mundo das transformações, adaptações e combinações, que produz

novas populações e espécies e novas interações dessas populações entre si e com o meio em que vivem, este é o mundo histórico (criado a partir do pensamento hegeliano).

O segundo elemento é a identificação dos componentes que configuram as unidades biológicas (o gene e/ou o conjunto de genes, a célula, o organismo, a espécie e o ecossistema e/ou a paisagem) e sua formulação teórica: a teoria da herança (genética e epigenética), a teoria celular, a teoria da homeostase, a teoria sintética da evolução e a teoria ecológica (dos ecossistemas ou da paisagem).

Outros dois componentes fundamentais na construção do pensamento biológico foram identificados no capítulo 5: o epistemológico e o sócio-histórico. O primeiro, construído pelo neo-empirismo, se concentra nas preocupações sobre a estrutura do pensamento científico, e na definição das hipóteses, teorias, modelos e leis da ciência. E, inicialmente, investem na força do método estatístico. Após 1960, a filosofia da ciência promove reflexões e propõe reformulações para o método científico a partir das várias concepções do mundo utilizadas pela ciência e, culmina em intenso debate acerca do papel do mecanicismo, do reducionismo e do determinismo nas pesquisas biológicas.

O segundo, construído pela reflexão sobre o papel social da ciência, reiterando seu caráter ideológico e sua histórica associação com a classe burguesa se prestando ao fortalecimento da tecnologia e, conseqüentemente, à reprodução do capital. Ainda, sobre questões da história e da constituição do pensamento científico, como a questão da ciência crítica, dos estilos, do obstáculo epistemológico, dos paradigmas, dos programas, do anarquismo, das tradições e da pós-modernidade e da comunidade científica.

Estes quatro componentes constitutivos do pensamento biológico, construídos a partir da reconstrução da história e da filosofia da ciência se encontram presentes em qualquer dimensão da visão biológica, sendo, por isso, identificados como os elementos estruturantes do pensamento biológico. Seu papel é, portanto, aquele de expressar as regras desta ciência – os estatutos constitutivos da Biologia.

Dessa forma, existem quatro aspectos estruturantes da biologia necessários para se compreendê-la em suas bases. O primeiro é aquele já muito

conhecido e trabalhado e que constituirá o conhecimento conceitual dos conteúdos. É específico de cada ciência (a física, a química e a biologia) e trata dos conceitos que compõem as teorias e as leis. É o seu Estatuto Conceitual. Não fala, entretanto, de como tais teorias e leis foram construídas.

Não é possível falar da história da teoria sem falar do que é uma teoria e do contexto de sua criação. Assim, como segundo aspecto, é preciso aprender também a história da construção do Estatuto Epistemológico da Biologia. É ele que confere legitimidade ao conhecimento científico e é ele que se deve conhecer para compreender a ciência.

E, dentro desta construção histórica encontra-se o terceiro aspecto. O papel do contexto sócio-histórico na construção dos valores científicos, é o Estatuto Sócio-Histórico da Biologia. E este estatuto orientará a comunidade científica, e é de onde Foucault retira sua *episteme*, Fleck os seus estilos de pensamento, Kuhn os seus paradigmas, Lakatos os seus projetos de pesquisa.

É a comunidade científica que vai seguir as orientações do Círculo de Viena durante parte do século XX. É ela que vai estabelecer o acordo entre Darwin e Wallace e retirar de Plutão o status de planeta. É ela que vai dizer o que é uma espécie biológica e como chegar até ela.

O pensamento científico, durante o período histórico em que foi criado, teve um papel fundamental na consolidação da estrutura econômica e social da época, a revolução industrial. As tecnologias deste período integraram o rol de transformações que produziram um mundo diferente daquele fruto do feudalismo. Esta construção instrumental das teorias da natureza era, portanto, transformadoras e participando, ativamente, na substituição do mundo feudal pelo mundo capitalista. Este movimento se iniciou no século XVII e vem perdurando até o século XXI.

O modelo capitalista, no entanto, há muito tempo deixou de ser transformador para se tornar perpetuador de riquezas para as classes que outrora combateram o feudalismo com o propósito de tornarem a riqueza distribuída entre um maior número de pessoas, os burgueses.

A visão instrumentalista, desta forma, outrora suficiente para se opor ao determinismo escolástico do feudalismo, passou a ser vista como uma visão incompleta, tal qual incompleto era o modelo que selecionava, intensamente, o acesso das camadas periféricas da sociedade às vantagens conquistadas pelas

tecnologias. Ficou claro que as produções tecnológicas por si só não eram soluções sociais, mas, sim material de consumo para a geração de riquezas, e conseqüente perpetuação das classes burguesas no poder. Por essa causa, alguns estudiosos da relação entre ciência e sociedade buscaram ultrapassar os limites que o conceito de instrumentalização estabelece para as teorias científicas, inclusive as biológicas. E, procuraram encontrar o contexto onde as teorias foram elaboradas. Contexto este tanto filosófico como histórico.

Por último, é necessário se falar do Estatuto Ontológico da Biologia, o qual sustenta condição de existência desta ciência.

Pensando especificamente no ensino do pensamento biológico, foi buscado identificar os elementos constitutivos desta ciência, os quais foram denominados de estatutos ontológico, epistemológico, conceitual e histórico-social, visando contribuir com indicações para um ensino integrado do conteúdo, numa perspectiva de ensino que possibilite integrar os elementos conceitual, ontológico, epistemológico e sócio-histórico da Biologia. Não se pretendeu dar conta da caracterização total da Biologia, mas construir um caminho geral para identificar essa articulação.

Em síntese, o estatuto conceitual da Biologia é constituído, essencialmente, por cinco teorias (teoria celular, teoria da homeostase, teoria da herança, teoria da evolução e teoria dos ecossistemas) que organizam o conhecimento desta ciência. O estatuto ontológico expressa uma forma de ver o mundo na qual estas teorias foram elaboradas. A Biologia dialoga com os elementos constitutivos desse mundo por meio do método através do qual formula teorias e leis com o propósito de explicar os fenômenos naturais ligados à vida. Apresentando, assim, um estatuto epistemológico. E, por último, reflete a história do período em que foi construída, instaurando, dessa forma, um estatuto sócio-histórico da Biologia (figura 1).

A partir dessa constituição, como possibilitar uma discussão do pensamento biológico tendo como eixo os estatutos construídos? Algo que parece promissor e que permite articulá-los é a elaboração de categorias que os representam.



Figura 1 – Síntese esquemática dos estatutos e suas categorias propostas

As categorias Ontológicas da Biologia são as questões centrais da visão de mundo desta ciência sobre seu objeto de investigação, elas podem ser expressas pela análise dos seguintes aspectos: como a Biologia compreende a Natureza; como a Biologia compreende a Vida; como a Biologia compreende o Organismo.

Já as categorias Epistemológicas envolvem: como ocorre a produção do conhecimento na Biologia; como se apresenta o Método Científico na Biologia; como se apresenta o conceito de Teoria na Biologia; como se apresenta o conceito de Modelo na Biologia; e como se apresenta o conceito de Lei na Biologia.

As categorias histórico-sociais que envolvem o contexto histórico-social no qual o pensamento biológico foi construído se expressam: na ideia da não-linearidade da história da Biologia; na relação entre o conhecimento biológico e as transformações tecnológicas; nos conhecimentos biológicos como interpretações dependentes do contexto social em que foram produzidas; na origem política das sociedades científicas; e nos elementos ideológicos do conhecimento biológico.

Por último, as categorias conceituais da Biologia procuram identificar quais são os temas estruturadores que sintetizam suas principais áreas, assim como

as teorias responsáveis pelos seus fundamentos (que constituem os elementos centrais da Biologia). Com o estudo histórico e filosófico realizado são apresentados os seguintes temas: a organização, a equilibração, a transmissão, a variação e a interação. As teorias responsáveis por seus fundamentos são: a teoria celular, a teoria do gene, a teoria da Homeostase, a teoria da evolução e a teoria do ecossistema.

5.12 REFERÊNCIAS

ALTHUSSER, L. **Filosofia e filosofia espontânea dos cientistas**. Lisboa: Estampa, 1976.

ANDRADE, E. Uma crítica à teoria da complexidade proposta por Edgar Morin. **Dissertatio**, v.26, p.167 – 187, 2007.

ARAÚJO JORGE, M. M. **Da epistemologia à biologia**. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

ARAÚJO, A. M. de. O salto qualitativo em Theodosius Dobzhansky: unindo as tradições naturalista e experimentalista. **História, Ciências, Saúde. Manguinhos.**, vol. VIII, n.3, p. 713-726, set.-dez. 2001.

ARIZA, R. P.; HARRES, J. B. S. A Epistemologia Evolucionista de Stephen Toulmin e Ensino de Ciências. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, vol 19, número especial: p.67-80, mar. 2002.

ARSAC, J. **A Ciência e o Sentido da Vida**. Lisboa, Editora Piaget, 1993

ATLAN, H. **Entre le cristal et la fumée**. Paris: Le Senil, 1979.

ATLAN, H. **Com Razão ou Sem ela**. Lisboa, Instituto Piaget, 1987

BACHELARD, G . **A filosofia do não. (1940)** São Paulo: Abril Cultural, 1978, p. 1-87.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico (1934)**. São Paulo: Abril Cultural, 1978, p. 89-179.

BADION, A. **Sobre o conceito de modelos**. Lisboa: Estampa, 1972.

BARBIERI, M. **La teoria semantica dell'evoluzione**. Turin: Boringhiere, 1984.

BAUNGARTEN, M. Sociedade e conhecimento – Ordem, caos e complexidade. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 8, nº 15, jan/jun 2006, p. 16-23.

BERGSON, H. **A evolução criadora (1907)**. Rio de Janeiro: Zabar Editores, 1979.

BOUNIAR, M. A. **A criação da vida**. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

BRANDON, R. Does biology have laws? The experimental evidence. **Philosophy of Science**, v. 64(Proceedings), p. 444-457, 1997.

BROCKMAN, J. **Einstein, Gertrude Stein, Wittgenstein e Frankenstein**. São Paulo: Editora Schwarcz, 1989.

BUNGE, M. **Epistemologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

CAMPELL, N. R. **Foundations of Science (1919)**. New York: Dover Publications, 1937.

CAMPOS, R. D. da S.; SANTOS, C. F. M.; MORAES, E. M. A. É raça ou espécie? A anatomia, a fisiologia e a classificação zoológica na América portuguesa do século XVIII. IN: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA, Maringá, 2009. CD-ROM.

CAPONI, G. La Distinción entre *Biología Funcional* y *Biología Evolutiva* como Clave para la Discusión del Reduccionismo en Ciencias de la Vida . **Cad. Hist. Fil. Ci.**, Campinas, Série 3, v. 14, n. 1, p. 119-157, jan-jun. 2004.

CARNAP, R. **Fundamentos Lógicos da Probabilidade** (1950). São Paulo: Nova Cultural, 1988a.

CARNAP, R. **Testabilidade e Significado** (1936-37). São Paulo: Editora Nova Cultural, 1988b.

CAZENAVE, M. A. **Ciência e a alma do mundo**. Lisboa: Instituto Piaget. 1982.

CHALMERS, A. F. **A fabricação da ciência**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1990.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1976.

CLAROS, M. G. Aproximación histórica a la biología molecular a través de sus protagonistas, los conceptos y la terminología fundamental. **Panace@**, v. IV, n.12. p.168-179, Jun. 2003

COLLINGWOOD, R.G. **Ciência e filosofia. a idéia da natureza**. Lisboa: Editorial Presença, 1986.

COSTA, N. C. A. de O. **Sistemas formais inconsistentes**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994.

D'ESPAGNAT, B. **Uma incerta realidade**. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

DONALD, M. J.; PENROSE, R. Quantum theory and the brain. **Proc. R. Soc. Lond. A. N.427**, p. 43-93, 1990.

DUHEM, P. **The Aim and Structure of Physical Theory**. New York: Science Press, 1905.

EL-HANI, C.N. **Generalizações Ecológicas**. *Oecol. Bras.*, v.10, n.1, p. 17-68, 2006.

FATALIEV, K. **O materialismo dialético e as ciências da natureza**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1966.

FERREIRA, M. A. A teleologia na biologia contemporânea. *Scientiae studia*, v. 1, n 2, p. 183-93, 2003.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. Lisboa: Editora Verbo, 1993.

FLECK, L. **Genesis and development of a scientific fact**. Chicago: University of Chicago Press, 1979.

FLECK, L. **La génesis y el desarrollo de um hecho científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FOUCAULT, M. **Les mots et les choses**. Paris: Gallimard, 1966.

FRANK, P. **Philosophy of Science**. Englewood cliffs. N. J.: Prentice-Hall, 1957.

GURVICH, G. **Dialecticque et Sociologie**. Paris: Flammarion, 1962.

HABERMAS, J. **Teoria analítica da ciência e dialética**. São Paulo: Abril Cultural, p. 277-99, 1980.

HADA, K. C. O. **ideal de ordem natural de Toulmin aplicado à biologia teleomecanicista do século XIX**. 2007. São Paulo. Dissertação de Mestrado (Mestre em Filosofia). Programa de Pós-Graduação em Filosofia do Departamento

de Filosofia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

HAMBUGER, J. **A filosofia das ciências hoje**. Lisboa: Editorial Fragmentos, 1988.

HEISENBERG, W. **Physics and philosophy**. New York: Harper & Row, 1958.

HEMPEL, C. C. ; OPPENHEIM, P. Studies in the Logic of Explanationn, **Phil. Sci. XV**. 1948.

HEMPEL, C. C. **Philosofy of Natural Science**. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1966.

HESSE, M. **Models and Analogies in Science**. Notre Dame, Ind: University of Notre Dame Press, 1966.

HORKHEIMER, M. **Filosofia e teoria crítica** (1937). São Paulo: Abril Cultural, 1980, p. 155-61.

HORKHEIMER, M. **Teoria tradicional e teoria crítica** (1937). São Paulo: Abril Cultural, 1980, p. 117-154.

HULL, D.L. **Philosophy of Biological Science**. Englewood Cliffs (N.J.), Prentice-Hall, 1974.

JACQUARD, A. **A Herança da Liberdade**. São Paulo, Martins Fontes, 1989.

JEVONS, W. S. **The Principles of Science**. New York: Dover Publications, 1958.

KEDROV, B. **Dialetique, logique, gnoseologie leur unité**. Moscou: Editions du Progres, 1970.

KEDROV, B. M. **Classificacion de las ciencias**, 2 vol. Moscou: Editorial Progreso, 1974.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1989.

KUHN, T. S. Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa. In: LAKATOS, I.; MUSERAVE, A. (org.). **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

KUHN, T. S. Reconsideração Acerca dos Paradigmas (1974) IN: KUHN, T. S. (org.) **A Tensão Essencial**. Lisboa: Edições 70, 1989.

KUHN, T. S. Reflexões Sobre os Meus Críticos. In: LAKATOS, I. e MUSERAVE, A. (org.) **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

LABORIT, T. H. **Dieu ne Joue Pas Aux Dés**. Paris: Grasset, Fraquelle. 1988.

LACEY, H. **Valores e Atividade Científica**. São Paulo, Discurso Editorial, 1998.

LADRIERE, J. **A articulação do sentido**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1977.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

LAMY, M. **A inteligência da natureza**. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

LASZLO, E. **Evolução**. A grande síntese. Lisboa, Instituto Piaget, 1987

LATOUR, B. **Ciência em Ação**. Como seguir cientistas e engenheiros sociedade. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

LAUDAN, L. **Progress and its problems**: Toward a theory of scientific growth. Berkeley, CA: University of California Press, 1977.

LAUDAN, L.; DONOVAN, A.; LAUDAN, R.; BARKER, P. ; BROWN, H.; LEPLIN, J.; THAGARD, P. WYKSTRA, S. Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica. **Estudos Avançados**, v.7, n. 19, 1993.

LECOURT, D. **Le jour et la nuit**. Paris: Grasset, 1974.

LEFEBVRE, H. **Lógica formal e lógica dialética**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1975.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N. E DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. **Revista da Associação Brasileira de Educação Em Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 97-108,. 2001

LEMKE, J. **Aprender a Hablar Ciencia**. Barcelona: Paidós, 1997.

LENIN, V. I. **Materialismo e empirocriticismo (1908)**. Lisboa: Avante, 1982.

LEWINS, R.; LEWONTIN, R. **The dialectical biologist**. Cambridge, Massachussets: Harvard University Press, 1985.

LEWONTIN, R.; ROSE, S.; KAMIN, L. **Genética e política**. Portugal: Europa-América, Mem Martins Codex, 1984.

LEWONTIN, R. **A tripla hélice – gene, organismo e ambiente**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

LOSEE, J. **Introdução Histórica à Filosofia da Ciência**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

LOVEJOY, A. **A Grande Cadeia do Ser: Um Estudo da História de uma Ideia**. São Paulo: Palíndromo, 2005.

LOWI, I. Ludwik Fleck e a presente história das ciências. **História, Ciências e Saúde --- Manguinhos**, v.1, n.1, p; 7-18, jul.-oct., 1994

LURIA, A. R. **A construção da mente**. São Paulo: Ícone, 1992.

MACH, E. **The Science of Mechanics** (1883). La Salle: Open Court Publishiny Co, 1960.

MANDELBROT, B. **Fractals: from, chance and dimension**. San Francisco: W. H. Freeman, 1977.

MARCUSE, H. **A ideologia da sociedade industrial**. Rio de Janeiro: Zahar, 1967.

MARGUTTI PINTO, P. R. . Dialética, Lógica Formal e Abordagem Sistêmica. p. 147-188, In: NAVES DE BRITO, A. (Org.). **Cirne, Sistema & Objeções**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2009

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

MIRANDA, D. B. de; PEREIRA, M. de N. F. O periódico científico como veículo de comunicação: uma revisão de literatura. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 375-382, set./dez. 1996.

MOLES, A. A. **As ciências do impreciso**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995.

MONOT, J. **O acaso e a necessidade**. Petrópolis: Editora Vozes, 1972.

MOREIRA, W. Os colégios virtuais e a nova configuração da comunicação científica. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 1, p.57-63, jan./abr. 2005

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

MORIN, E. **Les idées**. Paris: Seuil, 1991.

NAGEL, E. **The Structure of Science**. New York: Harcourt, Brace & World, 1961.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. A sociobiologia. In: PARANHOS da COSTA, M. J. R. (ed.) ANAIS DO I ENCONTRO PAULISTA DE ETOLOGIA. São Paulo, 1983, p. 83-105.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Natureza, ciência e meio ambiente p. 39-44. In: NARDI, R. (coord.). **Ciência contemporânea e ensino: novos aspectos**. v. 2., Bauru: UNESP, 1996.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos da construção histórica do pensamento neo-empirista. **Revista Ciência e Educação**, vol. 5. Bauru: Unesp, p. 37-54, 1998.

NASCIMENTO JUNIOR, A. F. A Estrutura da Ciência: a Hipótese, a Teoria e a Lei. **Scripta. Revista da Faculdade “Auxilium” de Filosofia, Ciências e Letras de Lins**, v.1, nº2, p. 29-34, 2000a.

NASCIMENTO JUNIOR, A. F. Fragmentos da Presença do Pensamento Dialético na História da Construção das Ciências da Natureza. **Revista Ciência e Educação**, v.6, nº 2, p.119-139, 2000b.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Fragmentos do Pensamento Idealista na História da Construção das Ciências da Natureza. **Revista Ciência e Educação**, v. 7, nº 2, p. 265-285, 2001.

NASCIMENTO JUNIOR, A. F. A Estrutura da Ciência: a Argumentação Dedutiva e Indutiva. **Scripta. Revista da Faculdade “Auxilium” de Filosofia, Ciências e Letras de Lins**, v.3, nº1, p. 15-31, 2002.

NIRENBERG, M.W; MATTHAEI, H.J. The Dependence Of Cell-Free Protein Synthesis In E. coli Upon Naturally Occurring Or Synthetic Polyribonucleotides. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 47, n.10, p. 1588–1602, 1961.

OMNÉS, R. **Filosofia da ciência contemporânea**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

OPARIN, A. I. **A origem da vida** (1955). São Paulo: Global, 1982.

OPARIN, A. I. **Gênese e Evolução Inicial da Vida na Terra**. Lisboa, Edição Livros do Brasil, 1968.

PESSIS-PARTENAK , G. **Do Caos à Inteligência Artificial**. São Paulo, Editora da UNESP, 1993.

PELT J. M. **Do Universo ao Ser**. Reflexão Sobre a Evolução. Lisboa: Instituto Piaget. 1996.

PFUETZENREITER, M. R. Epistemologia de Ludwik Fleck como referencial para a pesquisa nas ciências aplicadas. **Episteme**, Porto Alegre, n.16, p.111- 135, jan. jun, 2003.

PIAGET, J. **Biologia e conhecimento**. Petrópolis: Editora Vozes, 1973.

POPPER, K. **The Logic Scientific Discovery** (1934). New York: Basic Books, 1959.

PRIGOGINE, I. e STENGER, I. **A nova aliança**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1991.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

QUINE, W. U. **Espécies Naturais in Relatividade Ontológica e Outros Discursos** (1969). In: Os Pensadores. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1988.

RAMON Y CAJAL, S. **Regras e conselhos sobre a investigação científica** (1934). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

RECIO, J. L. G; Ernst Mayr (1904-2005): de la teoría sintética de la evolución a la filosofía de la biología, **Llull**, Universidad de Zaragoza, v.28, p.87-106, 2005.

ROSE, S. **Against biological determinism**. London, New York: Schocken Books, 1982.

ROSE, S.; APPIGNANESI, L. **Para uma nova ciência**. Lisboa: Gradiva, 1986.

RUSE, M. **The Philosophy of Biology**. Londres, Hutchinson, 1973.

RUSSEL, B. **História da filosofia ocidental**. Vol. 3. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977.

SANTOS, B. de S. **Um discurso sobre as ciências**. Porto: Edições Afrontamento, 1987.

SANTOS, B. de S. **Introdução à uma Ciência Pós-Moderna**. Rio de Janeiro, Graal, 1989

SCHRÖDINGER, E. **O que é a vida?** (1943- 1956). Lisboa: Editorial Fragmentos, 1989.

SELLERI, F. **Paradoxos e realidade** - Ensaio sobre os fundamentos da microfísica. Lisboa: Editorial Fragmentos, 1987.

SERRES, M. **Hermes, uma filosofia da ciência**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1990.

SMART, J.J. **Between Science and Philosophy**. Nueva York: Random 1967.

SMART, J.J. **Philosophy and Scientific Realism**. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1963.

STIRN, F. **Os grandes pensadores contemporâneos**. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

STUMPF, I.R.C. Passado e futuro das revistas científicas. **Ciência da Informação**, v. 25, nº 3, 1996

THOM, R. **Strutural stability and morphogenesis**. Reading, MA: Addison - Wesley, 1972.

TOULMIN, S. **The Philosophy of Science: An Introduction**. Londres: Hutchinson, 1953.

TOULMIN, S. **La Comprensión Humana**. Madri: Alianza, 1977.

TRIGUEIRO, M.S. A comunidade científica, o Estado e as universidades, no atual estágio de desenvolvimento científico tecnológico. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 3, nº 6, jul/dez 2001, p. 30-50.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem (1934)**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

WIEGGERT, R. Holism and reductionism in ecology: hypotheses, scales and systems models. **Oikos**, v. 00:0, p. 267-269, 1988.

WUNENBURGER J. J. **Razão Contraditória, Ciências Filosofias Modernas: o Pensamento do Complexo**. Lisboa. Instituto Piaget, 1990.

6. CAPÍTULO VI – O CONHECIMENTO BIOLÓGICO NOS DOCUMENTOS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) fazem parte da reforma curricular desenvolvida no Brasil no final da década de 1990, buscando dar respostas ao quadro sócio-econômico global e local e a massificação da educação brasileira. Com os PCNEM foi estabelecido um currículo de base comum nacional para a formação do educando enquanto ser humano, visando sua autonomia intelectual e seu pensamento crítico e o preparando para ingressar no mundo do trabalho e/ou para continuar seus estudos em níveis posteriores. A sua base legal é a Lei 9394/96 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB) a qual afirma que a educação escolar deverá estar vinculada ao trabalho e à prática social (BRASIL, 2000).

Os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCNEM) foram apresentados em 1999. Nos documentos os conteúdos não são divididos por disciplinas, mas em três áreas cada qual agrupa conhecimentos de diferentes ciências, visando uma perspectiva interdisciplinar, sendo elas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

Dentro do interesse do presente estudo será feito um recorte nos parâmetros referentes à área Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, tendo como foco de atenção o que se refere à Biologia, visto que o documento envolve também as disciplinas de Química, Matemática e Física.

Além dos PCNEM, serão analisados os PCNEM+ (Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias) que trazem orientações complementares ao primeiro documento para ajudar o professor a selecionar os conteúdos e a realizar opções metodológicas. Traz mais explicitado a proposta da articulação entre as competências no aprendizado de Ciências da Natureza e da Matemática. Além disso, sugere os temas estruturadores da disciplina a ser ensinada, mas considerando a necessária integração com outras disciplinas não só da mesma área, como também as outras duas que envolvem linguagem e código e ciências humanas (BRASIL, 2004).

Não é intenção dos parâmetros redefinir e fundir as disciplinas para objetivos educacionais, mas sim propor aos professores que trabalhem de forma integrada. “É preciso reconhecer o caráter disciplinar do conhecimento e, ao mesmo tempo, orientar e organizar o aprendizado, de forma que cada disciplina, na especificidade de seu ensino, possa desenvolver competências gerais” (BRASIL, 2004, p. 14).

O documento Orientações Curriculares para o Ensino Médio - OCEM (BRASIL, 2006) também será discutido. Este é mais um complemento aos PCNEM, mas agora mais fortemente direcionado a promover reflexões que fomentem a prática docente, trazendo sugestões e propostas de “como fazer”, sendo uma discussão e aprofundamento do que se desenvolveu em 2004 com os PCNEM+.

Reconhece-se que o desenvolvimento curricular ocorre influenciado por forças diversas, de diferentes dimensões (social, política, econômica e cultural) oriundas de cada contexto histórico (GESSER, 2002) e a produção dos documentos oficiais encontra-se dentro desse contexto, sendo produzidos por diversas vozes, expressando não somente diferentes perspectivas teóricas, mas as práticas profissionais dos diferentes autores (RICARDO, 2005).

Não só o desenvolvimento, mas a própria aplicação implica em influências múltiplas, dentre elas a dificuldade de compreensão dos pressupostos fundamentais das Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio e dos PCN, isto que se constitui em grande obstáculo aos professores do ensino médio para que tais propostas cheguem na sala de aula como práticas educacionais. Isso se torna ainda mais grave na medida em que os PCN+, que poderiam esclarecer alguns temas, foram pouco discutidos nos meios escolares, conforme indicaram Ricardo (2002) e Ricardo e Zylbersztajn (2002 e 2007).

Para Ricardo e Zylbersztajn (2008) as competências, a interdisciplinaridade e a contextualização (noções centrais dos documentos) passaram a fazer parte do discurso de uma boa parte dos educadores, principalmente a partir das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+). No entanto, isso não significa que suas práticas educacionais estejam em consonância com as propostas desses documentos.

Estes pressupostos centrais dos documentos não serão aprofundados, visto que o interesse central é o que diz respeito ao conteúdo disciplinar contido neles, para buscar apontamentos com a história e filosofia da Biologia discutida até o momento nos capítulos anteriores. Para aprofundamentos sobre estes elementos citam-se as pesquisas de Abreu (2002) e Ricardo (2005).

A utilização dos parâmetros como espaço para a discussão não implica no aceite de seus pressupostos, mas em tomá-lo como ponto de partida para fomentar caminhos possíveis para o ensino. Os próprios documentos em si, não são apresentados como algo a ser seguido à risca, mas sim como documentos que os professores devem compreender, discutir para melhor organizar sua prática escolar.

De acordo com Gesser (2002) os investigadores e pedagogos estão defendendo perspectivas multidisciplinares para o currículo, constituídas por aspectos sociais, culturais e históricos da realidade escolar. Valorizando a metodologia de resolução de problemas, a promoção do pensamento crítico e da justiça social. O conhecimento disciplinar seria estudado de forma contextualizada, para preparar os estudantes para suas vidas no cotidiano.

No presente capítulo a análise e a discussão dos documentos serão centradas no conhecimento biológico que está presente neles, no que se refere às teorias, os conceitos apontados e como se encontram articulados, visando identificar qual é a visão de biologia possível de se extrair deles. São considerados os três documentos em seu conjunto visto que a proposta é que os PCN+ e OCEM são complementares aos PCN.

A discussão a seguir é resultante da aproximação realizada entre os estatutos conceitual, epistemológico, ontológico e sócio-histórico com o conteúdo de Biologia apresentado nos parâmetros curriculares. Foi realizada uma interpretação dos documentos (PCNEM, PCNEM+ e OCEM) mediante as categorias estabelecidas e apresentadas no capítulo anterior.

Por meio deste exercício ilustrativo procura-se indicar possibilidades da utilização dos estatutos propostos como forma de permitir uma aproximação da história e filosofia da biologia para uma abordagem mais integral sobre o que é Ciência, neste caso a Biologia.

Ao realizar esta contextualização histórica e filosófica da Ciência centra-se na compreensão de que a realidade é historicamente construída, e o conhecimento científico faz parte dessa construção. A experiência individual apreende esta realidade, mas inserida em um contexto sócio-histórico que tem presente e passado, portanto não é somente um recorte do cotidiano do aluno. Assim é necessário que o conhecimento científico ao ser ensinado explicita o caminho de sua construção, não sendo compreendido como meramente instrumental, mas um componente essencial para a leitura e crítica da realidade multifacetada.

Para a identificação do conteúdo de biologia contido nos três documentos, foram realizadas leituras em cada um em seu todo. Todas as informações que indicavam conteúdos biológicos foram retiradas, independente do local onde tenham sido mencionadas, na introdução, no momento em que são discutidas propostas pedagógicas e mesmo quando são listadas as competências, por exemplo.

Com os fragmentos obtidos nas leituras, foi realizada a interpretação dos documentos (PCNEM, PCNEM+ e OCEM) mediante as categorias estabelecidas (capítulo anterior) buscando identificar a compreensão permitida sobre a Natureza; a Vida; o Organismo; o Ser Humano; a produção do conhecimento; o método científico; o conceito de teoria; o papel do Modelo; a não-linearidade da história; a relação conhecimento biológico e transformações tecnológicas; os conhecimentos biológicos como interpretações dependentes do contexto social em que foram produzidas; os elementos ideológicos do conhecimento biológico; os temas estruturadores que sintetizam as principais áreas da Biologia; e as teorias que constituem os elementos centrais da Biologia. Elementos estes que são propostos para abordar os estatutos da Biologia.

Em suma, neste capítulo são trazidos os resultantes desse processo. Inicialmente os conteúdos de cada documento em separado, para posteriormente se obter uma composição que sintetiza a Biologia nos três documentos discutindo-os na perspectiva da história e filosofia da biologia.

6.1 A BIOLOGIA NOS PCNEM

Nos PCNEM (2000), se fazem presente a delimitação do objeto de estudo da Biologia, uma compreensão de como o conhecimento biológico é construído considerando-se suas características processuais, a importância do contexto histórico-cultural e também apontamentos sobre as possibilidades que esta ciência tem no entendimento e posicionamento perante questões locais e globais que envolvem aspectos biológicos.

Buscando uma contextualização ontológica, no documento encontra-se que a Biologia compreende a Natureza como uma intrincada rede de relações, um todo dinâmico, do qual o ser humano é parte integrante, com ela interage, dela depende e nela interfere, reduzindo seu grau de dependência, mas jamais sendo independente. Implica também identificar a condição do ser humano de agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas (BRASIL, 2000).

É objeto de estudo da Biologia o fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações. Esse fenômeno se caracteriza por um conjunto de processos organizados e integrados, no nível de uma célula, de um indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio. Um sistema vivo é sempre fruto da interação entre seus elementos constituintes e da interação entre esse mesmo sistema e demais componentes de seu meio. As diferentes formas de vida estão sujeitas a transformações, que ocorrem no tempo e no espaço, sendo, ao mesmo tempo, propiciadoras de transformações no ambiente (BRASIL, 2000).

O ambiente, que é produto das interações entre fatores abióticos e seres vivos, pode ser apresentado num primeiro plano e é a partir dessas interações que se pode conhecer cada organismo em particular e reconhecê-lo no ambiente. Cada organismo é fruto de interações entre órgãos, aparelhos e sistemas que, no particular, são formados por um conjunto de células que interagem. E, no mais íntimo nível, cada célula se configura pelas interações entre suas organelas, que também possuem suas particularidades individuais, e pelas interações entre essa célula e as demais (BRASIL, 2000).

Numa contextualização epistemológica, o documento traz o entendimento de que a Biologia identifica, descreve e organiza as informações vindas dos fenômenos biológicos. Produz conceitos através de relações e generalizações. Elabora classificações; relaciona conceitos biológicos para a compreensão de fenômenos através da aplicação da lógica. Estabelece relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico. Elabora metodologias científicas para coletas e análise de dados. Constrói hipóteses para situações envolvendo fenômenos biológicos. E, as teorias em Biologia, como nas demais ciências, se constituem em modelos explicativos os quais podem ser ampliados através da aplicação da lógica na compreensão entre áreas do conhecimento para um melhor entendimento dos fenômenos biológicos (BRASIL, 2000).

A física dos átomos e moléculas em que se desenvolveu representações que permitem compreender a estrutura microscópica da vida. Na Biologia estabelecem-se modelos para as estruturas microscópicas de construção dos seres, de sua reprodução e de seu desenvolvimento. Debatem-se, nessa temática, questões existenciais de grande repercussão filosófica, sobre ser a origem da vida um acidente, uma casualidade ou, ao contrário, a realização de uma ordem já inscrita na própria constituição da matéria infinitesimal (BRASIL, 2000).

A contextualização histórico-social da Biologia também é identificada, em que a Biologia está, como todas as ciências, inserida no contexto da história e da cultura. Possui linguagem própria. Mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da Biologia como um movimento não linear e frequentemente contraditório. Assim, é possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados ao seu momento histórico (BRASIL, 2000).

Parte de seu conhecimento é constituída de elementos não científicos. Destacam-se as mudanças das explicações ao longo da história, como sobre o surgimento e a diversidade da vida, seus pressupostos, seus limites, o contexto em que foram formuladas e em que foram substituídas ou complementadas e reformuladas, permite a compreensão da dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica, considerando

também que os modelos científicos conviveram e convivem com outros sistemas explicativos como, os de inspiração filosófica ou religiosa (BRASIL, 2000).

No século XX presenciou-se um intenso processo de criação científica, inigualável a tempos anteriores. A associação entre ciência e tecnologia se amplia, tornando-se mais presente no cotidiano e modificando cada vez mais o mundo e o próprio ser humano. Questões relativas à valorização da diversidade da vida; à ética nas relações entre seres humanos; entre eles e seu meio e o planeta; ao desenvolvimento tecnológico e sua relação com a qualidade de vida, marcam fortemente nosso tempo, pondo em discussão os valores envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico (BRASIL, 2000).

A tecnologia, instrumento de intervenção de base científica, pode ser apreciada como moderna decorrência sistemática de um processo, em que o ser humano, parte integrante dos ciclos e fluxos que operam nos ecossistemas, neles intervém, produzindo modificações intencionais e construindo novos ambientes. Estudos sobre a ocupação humana, através de alguns entre os diversos temas existentes, aliados à comparação entre a dinâmica populacional humana e a de outros seres vivos, permitirão compreender e julgar modos de realizar tais intervenções, estabelecendo relações com fatores sociais e econômicos envolvidos. Possibilitarão, ainda, o estabelecimento de relações entre intervenção no ambiente, degradação ambiental e agravos à saúde humana e a avaliação do desenvolvimento sustentado como alternativa ao modelo atual.

O desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem, por exemplo, traz à tona aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando à reflexão sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de perpetuação, diferenciação das espécies e diversificação intraespecífica, a importância da biodiversidade para a vida no planeta, são alguns dos elementos essenciais para um posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas no mundo contemporâneo (BRASIL, 2000).

O conhecimento de Biologia fornece subsídios ao julgamento de questões que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no

ambiente, cuja avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos. Enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa (BRASIL, 2000).

A contextualização conceitual é apresentada por diferentes conceitos os quais estão relacionados as teorias em que o propósito da Biologia é compreender a vida como fenômeno que se manifesta de formas diversas, mas sempre como sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia. Compreender a diversificação das espécies como resultado de um processo evolutivo, que inclui dimensões temporais e espaciais. Compreender a natureza como algo dinâmico e o corpo como um todo, que confere à célula a condição de sistema vivo. Atribuir significado a conceitos científicos básicos como energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio dinâmico, hereditariedade e vida (BRASIL, 2000).

Uma ideia central neste caso é a do equilíbrio dinâmico da vida. A identificação da necessidade dos seres vivos obterem nutrientes e metabolizá-los permite o estabelecimento de relações alimentares entre os mesmos no contexto dos diferentes ambientes em que tais relações ocorrem (BRASIL, 2000).

As interações alimentares podem ser representadas através de uma ou várias sequências, cadeias e teias alimentares, contribuindo para a consolidação do conceito de sistemas ecológicos; e, ao mesmo tempo, para o entendimento da existência de um equilíbrio dinâmico nos ecossistemas, no qual matéria e energia transitam de formas diferentes – em ciclos e fluxos respectivamente – e que tais ciclos e fluxos representam formas de interação entre a porção viva e a abiótica do sistema (BRASIL, 2000).

Um aspecto da maior relevância na abordagem dos ecossistemas diz respeito à sua construção no espaço e no tempo e à possibilidade da natureza absorver impactos e se recompor. O estudo da sucessão ecológica permite compreender a dimensão espaço-temporal do estabelecimento de ecossistemas, relacionar diversidade e estabilidade de ecossistemas, relacionar essa estabilidade a equilíbrio dinâmico, fornecendo elementos para avaliar as possibilidades de absorção de impactos pela natureza (BRASIL, 2000).

Focalizando-se à teoria sintética da evolução, é possível identificar a contribuição de diferentes campos do conhecimento para a sua elaboração, tais

como, a Paleontologia, a Embriologia, a Genética e a Bioquímica. São centrais para a compreensão da teoria os conceitos de adaptação e seleção natural como mecanismos da evolução e a dimensão temporal, geológica do processo evolutivo (BRASIL, 2000).

As relações entre alterações ambientais e modificações dos seres vivos, estas últimas decorrentes do acúmulo de alterações genéticas, precisam ser compreendidas como eventos sincrônicos, que não guardam simples relação de causa e efeito; a variabilidade, como consequência de mutações e de combinações diversas de material genético, precisa ser entendida como substrato sobre o qual age a seleção natural; a própria ação da natureza selecionando combinações genéticas que se expressam em características adaptativas, também precisa considerar a reprodução, que possibilita a permanência de determinado material genético na população. A interpretação do processo de formação de novas espécies demanda a aplicação desses conceitos (BRASIL, 2000).

Para o estudo da diversidade de seres vivos, âmbito da Zoologia e da Botânica, é adequado o enfoque evolutivo-ecológico, ou seja, a história geológica da vida. Focalizando-se a escala de tempo geológico, centra-se atenção na configuração das águas e continentes e nas formas de vida que marcam cada período e era geológica. Uma análise primeira permite supor que a vida surge, se expande, se diversifica e se fixa nas águas. Os continentes são ocupados posteriormente à ocupação das águas e, neles, também a vida se diversifica e se fixa, não sem um grande número de extinções (BRASIL, 2000).

O estudo das funções vitais básicas, realizadas por diferentes estruturas, órgãos e sistemas, com características que permitem sua adaptação nos diversos meios, possibilita a compreensão das relações de origem entre diferentes grupos de seres vivos e o ambiente em que essas relações ocorrem. Caracterizar essas funções, relacioná-las entre si na manutenção do ser vivo e com o ambiente em que vivem os diferentes seres vivos, estabelecer vínculos de origem entre os diversos grupos de seres vivos, comparando essas diferentes estruturas, aplicar conhecimentos da teoria da evolução na interpretação dessas relações são algumas das habilidades que esses estudos permitem desenvolver (BRASIL, 2000).

Ao abordar as funções, é importante dar destaque ao corpo humano, focalizando as relações que se estabelecem entre os diferentes aparelhos

e sistemas e entre o corpo e o ambiente, conferindo integridade ao corpo humano, preservando o equilíbrio dinâmico que caracteriza o estado de saúde (BRASIL, 2000).

Não menos importantes são as diferenças que evidenciam a individualidade de cada ser humano, indicando que cada pessoa é única e permitindo o desenvolvimento de atitudes de respeito e apreço ao próprio corpo e ao do outro (BRASIL, 2000).

A Biologia Celular aparece em vários momentos dentro da Biologia, com níveis diversos de enfoque e aprofundamento. Ao se tratar da diversidade da vida, vários processos celulares precisam ser abordados: fotossíntese, respiração celular, digestão celular etc. Estudando-se a hereditariedade, pode-se tratar a síntese protéica e, portanto, conceitos de núcleo, ribossomos, ácidos nucléicos. A dinâmica celular é fundamental para relacionar e aplicar conhecimentos desenvolvidos no entendimento dos processos que acontecem no interior das células. O conceito sistematizado de célula é, pois, um sistema que troca substâncias com o meio, obtém energia e se reproduz. É a Teoria Celular atualmente aceita (BRASIL, 2000).

A descrição do material genético é fundamental para a compreensão do modo como a hereditariedade acontece. Esta descrição envolve: sua estrutura e composição; o processo da síntese protéica; as relações entre o conjunto protéico sintetizado, as características do ser vivo e a identificação e descrição dos processos de reprodução celular; à herança mendeliana e algumas de suas derivações, como alelos múltiplos, herança quantitativa e herança ligada ao sexo, recombinação gênica e ligação fatorial. A partir de tais informações é possível relacioná-las às tecnologias de clonagem, engenharia genética e outras ligadas à manipulação do DNA, proceder a análise desses fazeres humanos identificando aspectos éticos, morais, políticos e econômicos envolvidos na produção científica e tecnológica, bem como na sua utilização (BRASIL, 2000).

Como se percebe a partir do documento, considera-se que há aspectos da Biologia que têm a ver com a construção de uma visão de mundo, outros práticos e instrumentais para a ação e, ainda aqueles, que permitem a formação de conceitos, a avaliação e a tomada de posição cidadã. Um tema central para a construção de uma visão de mundo é a percepção da complexidade da vida;

a compreensão de que a vida é fruto de permanentes interações simultâneas entre muitos elementos; e de que as teorias em Biologia, como nas demais ciências, se constituem em modelos explicativos, construídos em determinados contextos sociais e culturais. Essa postura busca superar a visão a-histórica de que a vida se estabelece como uma articulação mecânica de partes, e como se para compreendê-la, bastasse memorizar a designação e a função dessas peças, num jogo de montar biológico (BRASIL, 2000).

As considerações acima sugerem uma articulação de conteúdos no eixo Ecologia-Evolução que deve ser tratado historicamente, mostrando que distintos períodos e escolas de pensamento abrigaram diferentes ideias sobre o surgimento da vida na Terra. Importa relacioná-las ao momento histórico em que foram elaboradas, reconhecendo os limites de cada uma delas na explicação do fenômeno. Para o estabelecimento da hipótese hoje hegemônica, concorreram diferentes campos do conhecimento como a Geologia, a Física e a Astronomia. Essa hipótese se assenta em prováveis interações entre os elementos e fenômenos físico-químicos do planeta, em particular fenômenos atmosféricos, e que resultaram na formação de sistemas químicos nos mares aquecidos da Terra primitiva. A vida teria emergido quando tais sistemas adquiriram determinada capacidade de trocar substâncias com o meio, obter energia e se reproduzir (BRASIL, 2000).

Reconhecer tais elementos da Terra primitiva, relacionar fenômenos entre si e às características básicas de um sistema vivo são habilidades fundamentais à atual compreensão da vida. Os estudos dos processos que culminaram com o surgimento de sistemas vivos levam a indagações acerca dos diferentes níveis de organização como tecidos, órgãos, aparelhos, organismos, populações, comunidades, ecossistemas, biosfera, resultantes das interações entre tais sistemas e entre eles e o meio. Identificar e conceituar esses níveis de organização da matéria viva, estabelecendo relações entre eles, permite a compreensão da dinâmica ambiental que se processa na biosfera (BRASIL, 2000).

6.2 A BIOLOGIA NOS PCNEM+ A PARTIR DOS TEMAS ESTRUTURADORES

A estrutura dos PCNEM+ difere-se e aprofunda o documento anterior. É elaborado para esclarecer questões e trazer uma proposta para auxiliar o professor a organizar sua prática a partir de Temas Estruturadores. Os temas estruturadores surgem visando possibilitar a articulação contextual entre o conhecimento disciplinar (ou mesmo a articulação interdisciplinar) e o desenvolvimento de habilidades e competências.

As competências comuns a área de Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologias são: representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sócio-cultural. Estes objetivos, assim como PCNEM+ coloca, articula esta área à área de Linguagens e Códigos, “sobretudo no que se refere ao desenvolvimento da representação, da informação e da comunicação de fenômenos e processos” (p. 23); e com a área de Ciências Humanas, “especialmente ao apresentar as ciências e técnicas como construções históricas, com participação permanente no desenvolvimento social, econômico e cultural” (p. 23).

Embora haja toda a preocupação em articular os tópicos disciplinares com as competências a serem desenvolvidas, na presente análise foi feito um esforço em extrair somente a visão de biologia presente no documento.

Dessa forma, o documento apresenta que as principais áreas de interesse da Biologia contemporânea se voltam para a compreensão de: como a vida se organiza, estabelece interações, se reproduz, evolui desde sua origem e se transforma, não apenas em decorrência de processos naturais, mas, também, devido à intervenção humana e ao emprego de tecnologias.

Sendo assim, sintetizaram-se as principais áreas de interesse da Biologia em seis temas estruturadores que representam agrupamentos desses campos de modo a destacar os aspectos essenciais sobre a vida. São estes: a interação entre os seres vivos; a qualidade de vida das populações humanas; a identidade dos seres vivos; diversidade da vida; a transmissão da vida, ética e manipulação gênica; e a origem e evolução da vida (BRASIL, 2004).

O primeiro tema se preocupa em explicar como os sistemas vivos funcionam e as relações que estabelecem. No segundo, a ênfase recai sobre condições de vida e saúde da população. O terceiro tema procura demonstrar que todas as formas de vida são reconhecidas pela sua organização celular, evidência de sua origem única. O quarto tema busca explicar como a vida se diversificou a partir de uma origem comum e dimensionar os problemas relativos à biodiversidade. E o quinto e sexto temas irão se concentrar na origem da vida, e em suas diversas manifestações, inclusive a vida humana e seu futuro no planeta (BRASIL, 2004).

A partir da apresentação das ideias centrais dos temas estruturadores foi possível contextualizá-los nos estatutos construídos.

Neste sentido, a Contextualização Ontológica da Biologia aparece na ideia de estabilidade de qualquer sistema vivo, seja um ecossistema, seja um organismo vivo, que depende da perfeita interação entre seus componentes e processos. Considerando-se que as alterações em qualquer de suas partes desequilibram seu funcionamento, às vezes de maneira irreversível, como ocorre no corpo humano, quando da falência de determinados órgãos, ou quando, em um ecossistema ocorre perturbação em um dos níveis da teia alimentar (BRASIL, 2004).

O tema Interação entre os Seres Vivos considera que eles e o meio constituem um conjunto reciprocamente dependente. Vida e meio físico interagem resultando em uma estrutura organizada, um sistema. Portanto o funcionamento do planeta e a ideia de que as modificações ocorridas em determinados componentes do sistema interferem em muitos outros, alterando as interações e, não raramente, desorganizando-as definitivamente, ou por um longo tempo até que se equilibrem novamente. A noção de sistema também põe em evidência o fato de que o ser humano é, ao mesmo tempo, agente e paciente das transformações e possibilita dimensionar o significado dessas modificações para a evolução e permanência da vida no planeta (BRASIL, 2004).

Completando o entendimento da macrovisão dos sistemas vivos na natureza está a noção de estabilidade dos ecossistemas com a complexidade das interações estabelecidas entre os organismos das populações na natureza (BRASIL, 2004).

O tema Identidade dos Seres Vivos se concentra nas características que identificam os sistemas vivos e os distinguem dos sistemas inanimados, dentre

as quais o fato de que todas as atividades vitais ocorrem no interior de células e são controladas por um programa genético. Na diversidade da vida, processos vitais comuns a todos os seres vivos revelam a origem única destes (BRASIL, 2004).

A Contextualização Epistemológica da Biologia é compreendida por meio da forma com que se analisa e compreende seu objeto, e isto nos PCNEM é compreendido pela ação de identificação de regularidades nos fenômenos e processos biológicos para construir generalizações. Utilizando hipóteses para o estudo de fenômenos e para explicações científicas como respostas provisórias a dados obtidos em experimentos. Assim como desenvolve modelos explicativos sobre o funcionamento dos sistemas vivos e os processos biológicos (BRASIL, 2004).

Na Biologia procura-se identificar características de seres vivos de determinado ambiente relacionando-as às condições de vida. Para tanto possui escalas para representar medidas de estruturas de tamanhos muito diferentes; biomas, organismos, estruturas celulares e moleculares; tem critérios de classificação, regras de nomenclatura e categorias taxonômicas orientadas para o propósito de compreender a diversidade biológica. Estes critérios dividiram os seres vivos em cinco reinos cujas características apresentavam especificidades relacionadas às condições ambientais. A Biologia também busca conceitos de outras ciências como a física e a química (BRASIL, 2004).

A questão da vida passou por um debate histórico clássico acerca da questão entre os seres vivos poderem ou não se originar de matéria não viva. Esta discussão envolve conceitos, argumentos advindos de Aristóteles e experimentos de vários pensadores como Redi, Spalanzanni, Pasteur, para derrubar a teoria da geração espontânea. Após a solução do debate produzido pela ideia da geração espontânea as discussões se concentraram nas teorias de Oparin e Haldane e nos experimentos de Muller e outros (BRASIL, 2004).

As discussões sobre o aparecimento da grande variedade de populações de seres vivos, as quais foram denominadas espécies, também foram intensas e envolveram muitos pensadores, tais como Lamarck e Darwin. Estes debates culminaram na Teoria da Evolução cujo cerne é a ideia de mudança, seleção e adaptação. Esta teoria sofreu modificações no século XX ao se aproximar da genética, tornando-se Teoria Sintética da Evolução. Foram introduzidos os

conceitos de mutação, recombinação gênica, migrações, mutações e deriva genética. A partir desse período o conceito de Evolução passou a ser associado à frequência de genes de determinada população que, ao longo do tempo, pode ser modificado por mutações, migrações, oscilações gênicas e seleção, fatores que interferem na constituição genética das populações (BRASIL, 2004).

A partir desta teoria associada à Paleontologia e à Geologia, podem ser estudadas as grandes linhas da evolução dos seres vivos com a análise de árvores filogenéticas, numa escala de tempo situando fatos relevantes da história da vida (MEC, 2004).

Na contextualização histórico-social da Biologia se considera que os conhecimentos biológicos são interpretações sobre o funcionamento e as transformações dos sistemas vivos, construídas ao longo da história e dependentes do contexto social em que foram produzidas (BRASIL, 2004).

As ideias biológicas como a teoria celular, as concepções sobre a hereditariedade de características dos seres vivos, ou, ainda, as teorias sobre as origens e a evolução da vida são construções humanas, e se desenvolveram, por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas (BRASIL, 2004).

Os conhecimentos biológicos e da tecnologia estão presentes no desenvolvimento da sociedade. A Biologia está presente na cultura nos dias de hoje, seja influenciando visão de mundo, seja participando de manifestações culturais, literárias, artísticas. Os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados a melhoria das condições de vida das populações mas também, podem ser perturbadores na vida moderna e de distribuição desigual (BRASIL, 2004).

O conhecimento biológico tem, portanto, um papel social importante e, por isso, está sujeito a procedimentos éticos na aplicação das novas tecnologias oriundas de suas atividades. Isto fica bem explícito nos temas estruturadores Transmissão da Vida, Ética e Manipulação Gênica e Qualidade de Vida das Populações Humanas, em que as discussões propostas estão fortemente vinculadas na relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (BRASIL, 2004).

Neste sentido citam-se os desdobramentos da aplicação dos princípios da genética, os quais vão desde as técnicas moleculares utilizadas para a detecção precoce de doenças genéticas, seus custos, o papel da terapia gênica no tratamento de doenças genéticas e seu uso na medicina brasileira, os testes de

DNA, à produção de organismos geneticamente modificados. Tais desdobramentos exigem uma reflexão no campo da ética para o uso de tais tecnologias (BRASIL, 2004).

A qualidade de vida das populações humanas é um tema estruturante que trata a questão da saúde como um estado que não se restringe à ausência de doenças. Procura relacioná-la com as condições de vida das populações – renda, educação, trabalho, habitação, saneamento, transporte, lazer, alimentação, longevidade, liberdade de expressão, participação democrática. Para tanto a noção de saúde necessita ser considerada levando em conta os condicionantes biológicos como sexo, idade, fatores genéticos e os condicionantes sociais, econômicos, ambientais e culturais como nível de renda, escolaridade, estilos de vida, estado nutricional, possibilidade de lazer, qualidade do transporte, condições de saneamento (BRASIL, 2004).

A intervenção humana, retirando materiais numa velocidade superior à que podem ser repostos naturalmente ou devolvendo em quantidades superiores às suportadas pelos ecossistemas até que a degradação deles se complete, desorganiza os fluxos da matéria e da energia levando aos desequilíbrios ambientais. Assim, os padrões de produção e consumo estão diretamente relacionados com a devastação ambiental, redução dos recursos, a queda da qualidade de vida e extinção de espécies. São, pois, contradições entre conservação ambiental, uso econômico da biodiversidade, expansão das fronteiras agrícolas e extrativismo (BRASIL, 2004).

Com relação ao tema Diversidade da Vida compreende-se que ao longo da história, várias classificações biológicas foram desenvolvidas para a organização e compreensão da enorme biodiversidade existente (BRASIL, 2004).

A Contextualização Conceitual da Biologia pode ser feita mediante os conceitos e teorias da biologia. A Biologia contemporânea se volta para a compreensão da organização da vida, suas interações, reprodução, evolução. Bem como, suas se transformações provocadas pela intervenção humana e ao emprego de tecnologias (BRASIL, 2004).

O Tema estruturante Identidade dos Seres Vivos está orientado pelos conhecimentos da citologia, genética, bioquímica; o tema Diversidade da Vida é auxiliado pela zoologia, botânica e ciências ambientais; o tema Transmissão da

Vida, Ética e Manipulação Gênica é sustentado pela citologia, a genética, a zoologia e a botânica; e o Tema Origem e Evolução da Vida está sustentado pela citologia, a genética, a evolução, a zoologia, a fisiologia e a botânica (BRASIL, 2004).

Um dos conceitos centrais considerados é a Interação entre os seres vivos, o qual consubstancia dois outros importantes conceitos: a interdependência da vida, a estrutura física que o constitui (luminosidade, umidade, temperatura, chuvas, características do solo, da água) e os movimentos da matéria e da energia na natureza necessários para a elaboração do conceito de Ecossistema, talvez a maior unidade integradora da Biologia (BRASIL, 2004).

O conceito de interação entre os seres vivos se desdobra na explicação da distribuição das espécies ao longo dos biomas, associadas às condições físicas e geo-históricas de cada região (BRASIL, 2004).

Os movimentos da matéria e da energia na natureza se expressam nas relações alimentares estabelecidas entre os organismos que constituem o ecossistema. Relações alimentares como uma forma de garantir a transferência de matéria e de energia do ecossistema. Também se expressam na transformação da energia existente em cada nível de organização desse ecossistema. E, ainda se expressam no circuito de determinados elementos químicos como o carbono, oxigênio e nitrogênio, colocando em evidência o deslocamento desses elementos entre o mundo inorgânico (solo, água, ar) e o mundo orgânico (tecidos, fluidos, estruturas animais e vegetais) (BRASIL, 2004).

A organização celular é uma destas características fundamentais expressa em todas as formas vivas. Embora, diferentes tipos de células constituam diferentes espécies, muitos mecanismos tem elementos comuns para a sobrevivência de qualquer célula. Tais como: o caminho das substâncias do meio externo para o interior das células e vice-versa, os diferentes tipos de transporte através da membrana celular. Os processos de obtenção de energia pelos sistemas vivos, a fotossíntese, a respiração celular. Toda a energia dos sistemas vivos resulta da transformação da energia solar oriunda dos produtos da fotossíntese em uma cadeia alimentar. O mecanismo básico de reprodução de células de todos os seres vivos (mitose) o processo de reprodução celular com a multiplicação celular que transforma o zigoto em adulto (BRASIL, 2004).

Também, apresenta um padrão, a natureza do material hereditário em todos os seres vivos, assim como a relação entre o DNA, o código genético, a fabricação de proteínas e a determinação das características dos organismos. Estas semelhanças é que permitem a tecnologia de manipulação do DNA utilizadas para transferir genes de um organismo para outro: enzimas de restrição, vetores e clonagem molecular (BRASIL, 2004).

A compreensão deste mecanismo somente pode ser atingida com o entendimento do conceito de modelo do DNA, desenvolvido por Watson e Crick (BRASIL, 2004).

O tema Diversidade da Vida busca mostrar as diversas formas nas quais a vida se expressa, e sua distribuição nos diferentes ambientes. Desta forma, considera-se que os seres vivos, influenciados pelo meio, apresentaram grande variação em seus processos vitais, tais como modificações na forma do corpo, nas respostas fisiológicas, nos ciclos de vida, nos comportamentos, sempre relacionadas com a adaptação desses organismos aos diferentes ambientes (BRASIL, 2004).

Entre os mecanismos que favorecem a enorme diversificação dos seres vivos, o primeiro deles são às mutações, fontes primárias da diversidade genética. A grande variabilidade genética, a matéria prima da biodiversidade, no entanto, acontece graças à reprodução sexuada e ao processo meiótico, os principais responsáveis por esta diversidade (BRASIL, 2004).

Também as condições climáticas das regiões do globo, características dos grandes biomas terrestres participam do aumento da diversidade de espécies do planeta. As questões relativas à manutenção da biodiversidade nessas regiões passam, necessariamente, pela redução das desigualdades sociais.

Dessa forma, graças a este conjunto de características de representantes de cada um dos reinos, é possível elaborar árvores filogenéticas para representar relações de parentesco entre diversos seres vivos (BRASIL, 2004).

O objetivo do tema Transmissão da Vida, Ética e Manipulação Gênica é discutir os princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias; conceitos básicos de probabilidade para prever resultados de cruzamentos; concepções pré-mendelianas sobre a hereditariedade; os códigos

usados para representar as características genéticas e os heredogramas (BRASIL, 2004).

Pode-se, ainda, compreender a influência dos fatores ambientais, nos componentes hereditários dos organismos. Tais fatores como vírus, radiações e substâncias químicas que podem aumentar do risco de doenças e medidas que podem reduzir esses riscos. Ou ainda, minimizar ou prevenir os efeitos dessas doenças através do aconselhamento genético, analisando suas finalidades, o acesso que a população tem a esses serviços e seus custos (BRASIL, 2004).

Tais princípios também explicam aspectos genéticos do funcionamento do corpo humano como alguns distúrbios metabólicos (albinismo, fenilcetonúria); os relacionados aos antígenos e anticorpos, como os grupos sangüíneos e suas incompatibilidades, transplantes e doenças auto-imunes; e distinguir uma célula cancerosa de uma normal, apontando suas anomalias genéticas, além de alterações morfológicas e metabólicas (BRASIL, 2004).

O tema Origem e Evolução da Vida busca a discussão acerca das origens da vida, da Terra, do Universo e os mecanismos básicos que propiciam a evolução das espécies em geral e do ser humano em particular. Quanto ao Universo, a teoria mais aceita é a do Big Bang. Já a Terra nasceu quando o Sistema Solar se constituiu (BRASIL, 2004).

Toda a discussão sintetizada pela teoria da evolução permite o entendimento da origem biológica do ser humano e sua evolução cultural, a árvore filogenética dos hominídeos; o papel desempenhado pelo desenvolvimento da inteligência, da linguagem e da aprendizagem na evolução do ser humano; a evolução cultural, fundada no aprendizado e na transmissão de comportamentos aprendidos, da evolução biológica que decorre de alterações nas frequências gênicas; a transformação do ambiente e a adaptação das espécies animais e vegetais aos interesses da espécie humana; o aumento da expectativa de vida da população humana; e no processo evolutivo da espécie (BRASIL, 2004).

6.3 A BIOLOGIA NAS OCEM

As Orientações curriculares são o resultado de um trabalho que se iniciou com os PCNEM+, trazendo contextualização sobre o ensino de biologia, discutindo algumas questões mais profundamente quanto ao conteúdo com possíveis metodologias de ensino, em um diálogo mais direto com o professor. Assim como nos dois documentos anteriores, realizou-se uma tentativa de destacar do texto elementos constituintes dos estatutos.

Do ponto de vista do Estatuto Ontológico, pode-se extrair do documento que a Biologia é uma ciência que se preocupa com os diversos aspectos da vida no planeta e com a formação de uma visão do homem sobre si próprio e de seu papel no mundo (BRASIL, 2006).

O Estatuto Epistemológico se apresenta na consideração de que a construção das teorias na Biologia ainda se apresenta como a discussão mais controversa desta Ciência. E, dentro desta, o problema do papel do modelo é igualmente controverso. Por outro lado, o método científico e seus instrumentos continuam fortemente presentes no estudo dos fenômenos biológicos. Sendo que, na ampliação das teorias, a interdisciplinaridade se presta sobremaneira (BRASIL, 2006).

O Estatuto Histórico-social pode ser identificado na consideração de que a presença das Ciências da Vida nos debates contemporâneos que exigem seu conhecimento (a questão ambiental, a manipulação genética, as neurociências e a cibernética) é uma novidade na construção cultural de uma época. Nunca, a Biologia foi trazida a papéis tão relevantes como aqueles desempenhados neste período. Ela está, pois, inteiramente presente na visão de mundo contemporânea, e, não há como compreender tal concepção sem buscar os elementos biológicos que a constituem. As letras do alfabeto da vida e o equilíbrio dos elementos que constituem o meio ambiente são os dois extremos da presença da Biologia na cultura. Muitas são as críticas; muitas delas, consistentes. Mas, o que se quer mostrar é a necessidade de, hoje, a natureza estar, mais frequentemente, acompanhada da sociedade e do indivíduo (BRASIL, 2006).

A questão da diversidade biológica envolve cada vez mais decisões de cunho político e econômico da realidade brasileira, e isto deve ter estreita relação com o domínio do conhecimento sobre a biodiversidade brasileira. Assim, na condição de cidadãos deste país, todos devem estar instruídos sobre esse assunto. Com respeito ao tema qualidade de vida das populações humanas, também indica a necessidade de contextualizar os conhecimentos biológicos à relação natureza, indivíduo e sociedade. No que concerne à genética, suas técnicas de clonagem e da manipulação do DNA, considera-se a área da Biologia mais atuante na discussão dos valores éticos, morais, religiosos, ecológicos e econômicos da ciência (BRASIL, 2006).

O Estatuto Conceitual da Biologia está expresso no documento pela delimitação de seus eixos centrais. Assim a origem e evolução da vida, tema que explica a diversidade, a identidade e a classificação dos seres vivos é apresentada, pois, como elemento central e unificador da Biologia. A biodiversidade é outro tema fundamental desta ciência. O mesmo acontece com a teoria celular e a genética. A qualidade de vida das populações humanas, procura contextualizar os conhecimentos biológicos à relação natureza, indivíduo e sociedade (BRASIL, 2006).

De acordo com OCEM o tema de importância central na Biologia, origem e evolução da vida, deve ter os seus relativos conceitos considerados constituindo uma linha orientadora de todos os outros temas. Esse tema deve ser focado dentro de outros conteúdos, como a diversidade biológica, o estudo sobre a identidade e a classificação dos seres vivos (BRASIL, 2006).

A questão da biodiversidade é considerado outro tema fundamental da biologia. A variabilidade genética, as variações do ambiente, as interações ecológicas e a história geológica da Terra são fatores mais importantes que favorecem o seu surgimento. A diversidade biológica deve ser tratada em todos os seus níveis: diversidade dos ecossistemas, das populações, das espécies e dos genes. Com isso, o assunto envolve aspectos ecológicos, taxonômicos e genéticos para a sua compreensão completa (BRASIL, 2006).

A teoria celular e da genética se configura como pontos de convergência dos seres vivos, conferindo-lhes, ao mesmo tempo, diversidade e identidade. Esta última indica que todos os organismos estão sujeitos aos mesmos

processos, como recepção de estímulos do meio, integração e resposta, obtenção, transformação e distribuição de energia, trocas gasosas, equilíbrio de água e sais em seu corpo, remoção de produtos finais do metabolismo e perpetuação da espécie. Para tanto, é preciso compreender a célula como um sistema organizado, no qual ocorrem reações químicas vitais, e que está em constante interação com o ambiente; distinguir os tipos fundamentais de célula e a existência de organelas com funções específicas; reconhecer os processos de manutenção e reprodução da célula (mitose e meiose) como forma de interligar a gametogênese e a transmissão dos caracteres hereditários; comparar e perceber semelhanças e diferenças entre os seres unicelulares e pluricelulares (BRASIL, 2006).

A genética procura compreender como as informações genéticas codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características dos organismos. Procura, também, conhecer o princípio básico de duplicação do DNA e saber que esse processo está sujeito a erros – mutações – que originam novas versões (alelos) do gene afetado e podem, ou não, ser causadores de problemas para os diferentes organismos. Estas (mutações) são a fonte primária da variabilidade e, portanto, permitiram a constituição da biodiversidade hoje existente.

6.4 A BIOLOGIA NA SÍNTESE DOS TRÊS DOCUMENTOS E UMA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICO-FILOSÓFICA

Os PCNEM, PCNEM+ e OCEM são apresentados como relacionados e representam a tentativa de organizar e apresentar propostas em torno de uma base curricular nacional comum, sem a intenção de estabelecer estruturas rígidas, mas apresentar caminhos para a organização dos currículos escolares e das práticas docentes. Assim, considerou-se necessário realizar uma integração entre os elementos representativos dos estatutos identificados em cada documento.

Entende-se, pois, que embora sejam três documentos propostos em períodos diferentes e mesmo em governos distintos, houve o esforço na

manutenção de uma continuidade, com esclarecimentos e complementação de aspectos que não tinham ficado muito claros ou mesmo daqueles que foram levantados na comunidade científica e escolar, as quais tiveram representantes partícipes na produção, sobretudo dos dois últimos textos. Resume-se nos quadros a seguir a caracterização da biologia nos documentos oficiais a partir das categorias dos estatutos, adicionando mais uma, a qual é fortemente ressaltado, a compreensão do ser humano.

Do ponto de vista do estatuto ontológico (quadro 1), em síntese, os documentos apresentam o entendimento de que a Biologia compreende a Natureza como uma intrincada rede de relações, um todo dinâmico, do qual o ser humano é parte integrante, com ela interage, dela depende e nela interfere, reduzindo seu grau de dependência, mas jamais sendo independente.

| Estatutos | Categorias | Caracterização dos documentos |
|---------------------|---------------------------|---|
| Estatuto Ontológico | Compreensão de Natureza | <ul style="list-style-type: none"> - Uma intrincada rede de relações, um todo dinâmico; - Um sistema cujos componentes agem em perfeita interação entre si. Alterações em qualquer de suas partes desequilibram seu funcionamento (às vezes de maneira irreversível); - Um sistema orgânico que pode ser interpretado de forma macro, como o ecossistema, ou micro, como o organismo da espécie. |
| | Compreensão de Vida | <ul style="list-style-type: none"> - complexa; - diversa; - fruto de permanentes interações simultâneas entre muitos elementos; - sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia. |
| | Compreensão de Organismo | - Assim como a Natureza, é visto como um sistema; |
| | Compreensão de Ser Humano | - agente e paciente de transformações; |

Quadro 1 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos ontológicos da Biologia

A concepção de natureza implica também identificar o ser humano como agente e paciente de transformações. Há, pois, na Biologia aspectos que têm a ver com a construção de uma visão de mundo e um tema central para a

construção dessa visão é a percepção da complexidade da vida; a compreensão de que a vida é fruto de permanentes interações simultâneas entre muitos elementos. Desta forma para os PCNs, a Biologia é a ciência que se preocupa com os diversos aspectos da vida no planeta e com a formação de uma visão do homem sobre si próprio e de seu papel no mundo.

A Natureza é um sistema cujos componentes agem em perfeita interação entre si, ou seja, a estabilidade de qualquer sistema vivo (seja um ecossistema, seja um organismo vivo) depende da perfeita interação entre seus componentes e processos. Alterações em qualquer de suas partes desequilibram seu funcionamento (às vezes de maneira irreversível), como ocorre no corpo humano, quando da falência de determinados órgãos, ou quando, em um ecossistema, ocorre perturbação em um dos níveis da teia alimentar. Neste caso, a Natureza é vista como um sistema orgânico que pode ser interpretado de forma macro, como o ecossistema, ou micro, como o organismo da espécie.

Os aspectos históricos que participam da construção da Biologia, por outro lado, identificam a natureza como processo em constante transformação (de Hegel) e/ou como mecanismo (de Descartes e Newton). A primeira perspectiva subsidiou o pensamento evolutivo e, em grande parte o ecológico e o biogeográfico. A segunda, principalmente, a ideia de constituição estrutural e funcional do organismo.

Sobre o prisma da história da biologia a interpretação proposta pelos PCNS sobre a vida entendendo-a como sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia apresenta-se reducionista, conforme o argumento de Schrödinger (1989). Em "*O que É Vida?*", ele indica que as leis da física são inadequadas para explicar as propriedades do material genético e, em particular sua estabilidade durante inúmeras gerações.

Nos Parâmetros o organismo também é visto como um sistema, na perspectiva da história da biologia, porém, o organismo pode ser visto de duas maneiras: como processo em constante transformação e como mecanismo.

O Ser Humano, por sua vez, é visto nos PCNs como agente e paciente de transformações. Na história da Biologia o ser humano é identificado como uma espécie de primata com um grau evolutivo muito complexo. As tentativas

históricas de conceituar biologicamente o ser humano resultaram nos desastres do darwinismo social, dos problemas raciais, da frenologia, da eugenia, e outros problemas semelhantes.

Como se percebe, os PCNs assumiram uma perspectiva ontológica da biologia desconsiderando outras, centrando na compreensão sistêmica. Nos documentos é possível notar uma preocupação em se estabelecer o vínculo com o tema transversal meio ambiente. Traz-se principalmente uma compreensão sistêmica sobre a natureza e estendendo suas características para o organismo e a vida, ressaltando-se a influência diferencial do ser humano.

O estatuto epistemológico (quadro 2) é expresso considerando-se que o processo de produção do conhecimento na Biologia se inicia com a seleção do fenômeno biológico que se quer compreender. Em seguida vem a identificação, descrição e organização das características constitutivas destes fenômenos escolhidos. Após esta fase exploratória, se elabora metodologias científicas para coletas e análise de dados, construindo hipóteses para serem testadas pela observação e experimentação. A partir daí, se produz conceitos (ou os reelabora) através de relações e generalizações; elaboram-se classificações; relacionam-se conceitos biológicos para a compreensão de fenômenos e, através da aplicação da lógica, estabelece relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico. Assim, a Biologia identifica regularidades em fenômenos e processos biológicos para construir generalizações. Identifica, também, características de seres vivos de determinado ambiente relacionando-as às condições de vida. Necessita de escalas para representar medidas de estruturas de tamanhos muito diferentes; biomas, organismos, estruturas celulares e moleculares.

E, de todos estes caminhos, emergem as teorias. Estas, na Biologia, como nas demais ciências, se constituem em modelos explicativos os quais podem ser ampliados para compreensão entre áreas do conhecimento, através da aplicação da lógica, visando um melhor entendimento dos fenômenos biológicos. Essas teorias são transpostas para situações de aprendizado. A construção das teorias na Biologia ainda se apresenta como a discussão mais controversa desta Ciência. E, dentro desta, o problema do papel do modelo é igualmente, controverso. Por outro lado, o método científico. e seus instrumentos continuam fortemente

presentes no estudo dos fenômenos biológicos. Sendo que na ampliação das teorias, a interdisciplinaridade se presta sobremaneira.

| Estatutos | Categorias | Caracterização dos documentos |
|-------------------------|----------------------------|---|
| Estatuto Epistemológico | A produção do conhecimento | <ul style="list-style-type: none"> - a seleção do fenômeno biológico que se quer compreender; - a identificação, descrição e organização das características constitutivas destes fenômenos; - elaboração de metodologias científicas para coletas e análise de dados; - construção de hipóteses para serem testadas pela observação e experimentação. - produção ou reelaboração de conceitos através de relações e generalizações; - elaboração de classificações; - Necessita de escalas para representar medidas de estruturas de tamanhos muito diferentes; biomas, organismos, estruturas celulares e moleculares; - relaciona conceitos biológicos para a compreensão de fenômenos e, através da aplicação da lógica, estabelece relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico. - A construção das teorias ainda se apresenta como a discussão mais controversa desta Ciência. |
| | O método científico | <ul style="list-style-type: none"> - os documentos não expressam qualquer ênfase nos processos lógicos que constituem o método científico. Reconhecem, no entanto, sua importância no estudo dos fenômenos biológicos. Desvalorizam, porém, os protocolos experimentais e trabalham com a observação e os experimentos muito mais associados a problemas de compreensão da teoria do que com a familiaridade do processo científico. |
| | O conceito de teoria | <ul style="list-style-type: none"> - controverso; - se constituem em modelos explicativos os quais podem ser ampliados para compreensão entre áreas do conhecimento, através da aplicação da lógica, visando um melhor entendimento dos fenômenos biológicos. |
| | O papel do Modelo | <ul style="list-style-type: none"> - controverso; - Embora, todos os documentos reiterem que este é uma representação do fenômeno biológico, e usem o DNA, o código genético e a teoria celular como justificativa, ao encontrarem a identidade dos seres vivos a partir destes elementos, estão, sugerindo que estas explicações também sejam descobertas e não, simplesmente, representações. |

Quadro 2 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos epistemológicos da Biologia

No caso do método científico, os documentos não expressam qualquer ênfase nos processos lógicos que o constituem. Reconhecem sua importância no estudo dos fenômenos biológicos. Desvalorizam, porém, os protocolos experimentais e trabalham com a observação e os experimentos muito mais associados a problemas de compreensão da teoria do que com a familiaridade do processo científico. A preocupação apresentada pelo rigor produzido pelo método é desprezada.

Ao se retomar a história e a filosofia da biologia, a questão epistemológica apresenta muitos pontos em comum com o que os PCNs apresentam, em especial no que diz respeito à construção do conhecimento biológico e da teoria. A ideia de construção e função do modelo, porém, têm alguns problemas a serem colocados e a elaboração do método científico foi, praticamente, abandonada pelos documentos.

Há uma extensa discussão acerca da construção e papel do método para a construção da ciência, hoje. Quanto à construção, a história se remonta a Parmênidas com o princípio da não contradição. Vai, em seguida, a Aristóteles, com os conceitos de indução e dedução. Ao experimentalismo árabe, durante a Idade Média. Depois, os experimentalistas cristãos. E, finalmente, chegam a Galileu, Descartes e Francis Bacon. Em seguida vem o método de Newton, Locke, Hume, Lavoisier, Laplace, Kant, Hegel, Marx, Engels, Comte, Stuart Mill, Mach, Frege, Russell, Ramon Y Cajal, Popper, Carnap, Hempel, Nagel, e, na biologia (após 1960) Smart, Ruse, Hull, Gould, Mayr e vários outros.

Quanto ao papel do método há outra grande quantidade de pensadores, tais como: Fleck, Bachelard, Toulmin, Kuhn, Lakatos e Feyerabend, Chalmers, Laudan, Lacey e outros tantos (todos do século XX). Este é um argumento forte no sentido de sustentar a importância do estudo da constituição do método científico, até para negar sua importância (se for o caso).

Não se deve esquecer que o rigor do método, a adequação empírica do modelo (e, conseqüentemente, da teoria) e a presença da tecnologia (desde a luneta e o microscópio até o computador, o satélite e as manipulações das moléculas), se encontram entre os principais motivos da invenção da ciência

moderna. E, não devem ser negligenciados nas preocupações da estrutura curricular, sob pena de desconsiderar a formação histórica do aluno.

Considerando os aspectos Histórico-sociais (quadro 3) contidos os documentos, a Biologia, como todas as ciências, está inserida no contexto da história e da cultura. Possui linguagem própria e seus conhecimentos foram produzidos em várias épocas, de maneira que a história da Biologia é um movimento não linear e, frequentemente, contraditório. Parte de seu conhecimento é constituído de elementos não científicos.

| Estatutos | Categorias | Caracterização dos documentos |
|---------------------------|---|--|
| Estatuto histórico-social | A não-linearidade da história | - A Biologia está inserida no contexto da história e da cultura - sua linguagem e os conhecimentos que lhes são próprios foram produzidos em várias épocas, de maneira que a sua história é um movimento não linear e, frequentemente, contraditório. |
| | A relação conhecimento biológico e transformações tecnológicas | - enfatiza a identificação das relações entre o conhecimento biológico e as transformações tecnológicas envolvidas nesta valorização, principalmente dentro do momento histórico atual, em todas as suas formas de expressão. |
| | Conhecimentos biológicos como interpretações dependentes do contexto social em que foram produzidas | - Os conhecimentos biológicos são interpretações sobre o funcionamento e as transformações dos sistemas vivos, elaboradas ao longo da história e dependentes do contexto social em que foram produzidas. São construções humanas, e se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas. |
| | Os elementos ideológicos do conhecimento biológico | - a partir das teorias se produzem as tecnologias como uma resposta às necessidades da sociedade. - os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados, tanto à melhoria das condições de vida das populações, como podem ser perturbadores na vida moderna e de distribuição desigual. Sendo, pois, sujeitos a procedimentos éticos na aplicação dessas novas tecnologias oriundas de suas atividades. - as Ciências da Vida estão inteiramente presentes na visão de mundo contemporânea, e não há como compreender tal concepção sem buscar os elementos biológicos que a constituem. |

Quadro 3 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos histórico-sociais da Biologia

Como seu propósito é compreender e valorizar todas as manifestações da vida, ela tem a atribuição de julgar ações ligadas à valorização da

vida em todas as suas formas de expressão; e, ao mesmo tempo, identificar as relações entre o conhecimento biológico e as transformações tecnológicas envolvidas nesta valorização, dentro do momento histórico, em todas as suas formas de expressão.

Os conhecimentos biológicos são interpretações sobre o funcionamento e as transformações dos sistemas vivos, elaboradas ao longo da história e dependentes do contexto social em que foram produzidas. São construções humanas, e se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas.

A partir das teorias se produzem as tecnologias como uma resposta às necessidades da sociedade. Os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados, tanto à melhoria das condições de vida das populações, como podem ser perturbadores na vida moderna e de distribuição desigual. Sendo, pois, sujeitos a procedimentos éticos na aplicação dessas novas tecnologias oriundas de suas atividades. As Ciências da Vida estão, pois, inteiramente presentes na visão de mundo contemporânea, e não há como compreender tal concepção sem buscar os elementos biológicos que a constituem. Assim, aos olhares do século XXI, os estudos da natureza e da vida precisam estar, mais frequentemente, acompanhados da sociedade e do indivíduo.

Em síntese, os PCNs identificam o conhecimento produzido pela biologia como um produto social, ou seja, entendem a biologia como uma construção social. Reconhecem as flutuações e contradições ao longo de sua história. Mas, a partir daí, parecem assumir uma posição quase instrumentalista, sugerindo um papel de adequação do conhecimento (e, mesmo, do método científico) às necessidades sociais dos alunos que serão formados a partir da aplicação deste currículo.

Esta posição está coerente com a perspectiva de contextualização adotada pelos PCNs, envolve uma contextualização sócio-cultural adaptada e ambientada ao cotidiano do aluno em detrimento da contextualização histórica, que atuaria como um ponto de apoio para a construção do conhecimento (OLIVEIRA, 2009).

As considerações ideológicas contidas no texto dos documentos parecem de fundo estruturalista, sendo tomadas quase como sinônimo de cultura. O

conceito de ideologia como uma expressão de classes não parece ser motivo de preocupação dos documentos. Assim, o conteúdo crítico sobre a sociedade que, historicamente, construiu a biologia (e as demais ciências) inserida em seu modo de produção, não pode ser, sequer, reconhecido. Muito menos criticado. A história vista por este ângulo é muito pobre, quase inócua. Assim, embora os aspectos históricos e sociais da construção do conhecimento sejam reconhecidos, não há nos documentos uma preocupação em indicar a inserção de outros elementos na construção do conhecimento biológico a não ser a tecnologia atual e sua implicação na sociedade.

Neste sentido, mesmo não tendo sido o interesse identificar a postura política e ideológica dos documentos oficiais (e sim se os documentos consideravam ou não a discussão de elementos da ideologia da biologia), a forma com que os conhecimentos biológicos são compreendidos e como eles são apresentados demonstram coerência com outros estudos que se focaram sobre a posição política e ideológica. Em seu estudo Abreu (2002) conclui que os PCNEM analisam a integração (disciplinar) e a (des)contextualização de forma neutra, como se a mudança na organização curricular fosse apenas uma questão técnica e não, social e política. Com isso, a concepção de integração fica comprometida com o enfoque epistemológico e psicológico que a proposta assume, não contribuindo para o questionamento do currículo. A utilização da tecnologia assume que os saberes disciplinares devem ser saberes úteis para a utilização e aplicação do conhecimento científico-tecnológico no mundo produtivo. Entretanto, não se discute a forma como as tecnologias estão sendo apropriadas e inseridas no contexto educacional. O discurso da tecnologia no ensino de ciências dos PCNEM tem por objetivo final a adequação deste ao mercado de trabalho de uma forma mais rápida e flexível.

Inicialmente parece que a abordagem assumida nos parâmetros é do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade para o qual os conhecimentos devem ser trabalhados de forma a entender as relações sociais mais amplas, porém não é isso que os PCNEM privilegiam, predominando questões referentes a inserção social (ABREU, 2002).

O que Lopes (2002) discute fica nítido na presente análise, ou seja, que os PCNs apresentam uma proposta curricular que limita as possibilidades de superarmos o pensamento hegemônico definidor do conhecimento como

mercadoria, sem vínculos com as pessoas. Um conhecimento considerado importante apenas quando é capaz de produzir vantagens e benefícios. Embora, em alguns momentos os documentos afirmam que ele não se restringe a esse intento.

Para Eslabão e Garcia (2008) a política curricular é de fato construída por relações de poder que se exercem em rede, articulando diferentes focos de poder que se apóiam uns nos outros, uma vez que o poder não pode ser compreendido como propriedade de um único sujeito ou instituição. Portanto, a seleção de conteúdos de um currículo não se apresenta de uma forma neutra e os interesses representados no currículo nem sempre são os interesses da maioria, mas sim daqueles que, na correlação de forças de um dado momento, conseguem ter representadas as suas concepções e projetos educacionais.

Do ponto de vista conceitual (quadro 4), os documentos consideram que o propósito da Biologia é compreender a vida como sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia. Visa também compreender a diversificação das espécies como resultado de um processo evolutivo, que inclui dimensões temporais e espaciais e, cujo resultado se expressa nas diferentes formas vivas daí originadas. Ciência que busca compreender a natureza como algo dinâmico e, compreender o corpo como um todo, que confere à célula a condição de sistema vivo a partir de conceitos científicos básicos como energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio dinâmico, hereditariedade e vida. Assim, a Biologia contemporânea se volta para a compreensão da organização da vida, suas interações, equilíbrio, reprodução, evolução e modificação.

| Estatutos | Categorias | Caracterização dos documentos |
|---------------------|--|--|
| Estatuto conceitual | Os temas estruturadores que sintetizam as principais áreas da Biologia | - a interação entre os seres vivos; -a identidade dos seres vivos; - diversidade da vida; - a transmissão da vida e sua contextualização sócio-cultural e filosófica; - origem e evolução da vida. |
| | As teorias que constituem os elementos centrais da Biologia | - a teoria celular; - a teoria genética; - teoria sintética da evolução; - teorias da origem da vida; - teoria do ecossistema; - teoria da homeostase. |

Quadro 4 – Síntese interpretativa dos documentos sobre os aspectos conceituais da Biologia

A partir dos seis temas estruturadores os parâmetros sintetizam as principais áreas da Biologia: a interação entre os seres vivos; a qualidade de vida das populações humanas; a identidade dos seres vivos; diversidade da vida que busca explicar a diversificação da vida; a transmissão da vida, ética e manipulação gênica; e a origem e evolução da vida, que se concentra na origem da vida, e em suas diversas manifestações, inclusive a vida humana.

Considera-se que a linha orientadora na Biologia é a origem e evolução da vida. Esse tema explica a diversidade, a identidade e a classificação dos seres vivos se apresentando, pois, como elemento central e unificador da Biologia. A biodiversidade é outro tema fundamental desta ciência. O mesmo acontece com a teoria celular e a genética. A temática sobre qualidade de vida das populações humanas, procura contextualizar os conhecimentos biológicos à relação natureza, indivíduo e sociedade.

As teorias consideradas pelos documentos são: teoria celular, teoria genética, teoria sintética da evolução, teorias da origem da vida, teoria do ecossistema e teoria da homeostase, estas que são centrais na história da biologia e representam, consideravelmente, o conhecimento biológico.

Os parâmetros enfatizam os elementos das teorias que possuem maior aplicação ou relação direta com a realidade próxima do aluno, principalmente as implicações tecnológicas contemporâneas, porém considera-se necessária uma ampliação da abordagem proposta, havendo a indicação da necessidade de uma aumento dos aspectos teóricos que não se centrem somente na operacionalização dos conceitos.

Como contribuições teóricas ao que o documento já apresenta, citam-se a pangeografia e a cladística para a compreensão sobre a diversidade biológica no planeta; a etologia, sociobiologia, o pontualismo, o neutralismo e o altruísmo para compreensão do processo evolutivo; a ecologia das paisagens permite ampliação do entendimento do conceito de ecossistema; os motores moleculares permitem melhor entender os mecanismos internos da célula; e a epigênese que o mesmo ocorra a respeito da transmissão hereditária e do desenvolvimento embrionário dos animais. Além disso, a história demonstra como central as discussões filosóficas sobre o determinismo, a teleologia e o acaso.

6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

A partir dessa análise é possível responder à terceira questão formulada no início da tese: Os documentos curriculares oficiais consideram estes elementos na sua formulação?

A análise dos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio e os documentos complementares utilizando-se os estatutos como eixo de discussão indica que há fragilidades na visão de Biologia apresentada.

Do ponto de vista ontológico os documentos expressam apenas uma das concepções, a mecanicista, em detrimento da perspectiva histórica aqui defendida.

Epistemologicamente a discussão sobre o método é inexistente, embora se possa identificar alguns de seus elementos.

A abordagem histórica e social da atividade científica e do conhecimento científico é reconhecida necessária pelos documentos, porém a que se realiza diz respeito ao momento de aplicação do conhecimento biológico no contexto contemporâneo. Além disso, os aspectos ideológicos na construção do conhecimento não são indicados, o que se constatou foi uma posição ideológica predominante no documento da qual se infere a compreensão instrumental do conhecimento científico para permitir a adaptação dos cidadãos à estrutura social vigente, se distanciando de possibilidades de uma formação crítica voltada para a transformação da realidade.

Os aspectos conceituais dos parâmetros são abrangentes e dão conta das teorias estruturantes da Biologia, contudo alguns conhecimentos podem ser ampliados para permitir uma melhor compreensão dos fenômenos biológicos. Uma discussão filosófica sobre a biologia é ausente, indicando-se a necessidade da inserção de questões relacionadas às ideias de determinismo, acaso e teleologia.

O exercício aqui empenhado indica as possibilidades que os estatutos da biologia, por meio das suas categorias derivadas, permitem no que diz respeito a discussão sobre a ciência Biologia. O que se propõe é, tanto no estudo como no ensino de Biologia, buscar considerar estes quatro elementos integrados (a

ontologia, a epistemologia, os conceitos e o contexto histórico social) para que se obtenha não só uma compreensão dos fenômenos biológicos de interesse, mas também sobre como a ciência é construída, quais os elementos que a diferenciam de outras ciências ou a aproximam, quais suas limitações no que diz respeito a compreensão do mundo, uma vez que ela realiza um recorte na realidade, com um olhar específico, uma forma própria de indagar a natureza, de compreendê-la, de selecionar os objetos de interesses, etc.

6.6 REFERÊNCIAS

ABREU, R. G. de. **A integração curricular na área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias nos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. 2002. Dissertação (Mestre em Educação). Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002

BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº 9.394, de 20/12/1996.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2004.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

ESLABÃO, L. da C.; GARCIA, M. M. A. A construção de um currículo por competências. IN: XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. X ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO. Ponta Grossa, PR. UEPG, 2008.

GESSER, V. A Evolução Histórica Do Currículo: dos primórdios à atualidade. **Contrapontos**, ano 2, n. 4 - Itajaí, jan/abr, p, 69-81, 2002.

LOPES, A. C. Os parâmetros curriculares nacionais para o Ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: O caso do conceito de contextualização. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 23, n. 80, p. 386-400, setembro/2002.

OLIVEIRA, V. D. R. B. **As Dificuldades da Contextualização Histórica no Ensino de Biologia**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina. 2009.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n.3, pp.257-274, 2008

RICARDO, E. C. **Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências**. 2005. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas – PPGECT, Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2005.

RICARDO, Elio C. As Ciências no Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais: da proposta à prática. **Ensaio. Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v.10, n.35, p.141-160, 2002.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. O Ensino das Ciências no Nível Médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, p.351-370, dez. 2002.

RICARDO, Elio C.; ZYLBERSZTAJN, Arden. Os Parâmetros Curriculares Nacionais na Formação Inicial dos Professores das Ciências da Natureza e Matemática do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS, v.12, n.3, p.339-355, 2007.

SCHRÖDINGER, E. **O que é a vida?** (1943- 1956). Lisboa: Editorial Fragmentos, 1989.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plantas e animais existem no mundo há muitos milhões de anos e os seres humanos os vêem desde que apareceram. No entanto, a Biologia, a ciência que os estuda, surgiu apenas no começo do século XIX. A história dos seres vivos, portanto, vista na perspectiva da Biologia, tem os elementos sociais e filosóficos que sustentam o olhar dessa ciência. Daí, a existência dos estatutos anteriormente descritos terem também os elementos conceituais produzidos pela organização das teorias biológicas. Mas, como começar a enxergar a natureza com os olhos da Biologia? O que ela seleciona no mundo para ser visto a seu modo? Esta questão expressa as duas perguntas iniciais, formuladas no início da tese: Quais são os elementos que caracterizam a Biologia como tal ao longo da sua construção? Como estes elementos se caracterizam e se articulam?

Bem, o mundo é grande. Ao olhá-lo, faz-se nele um recorte para permitir que o olhar possa ver o fato. E dentro do recorte do nosso olhar estarão as baleias, camelos e dragões de Komodo? Por que estariam? Estão em nossas ideias, mas não a nossa vista. Melhor falar do que realmente vemos.

O mundo não nos aparece cheio de moléculas. Nada, nem uma única delas está aí, disponível para ser vista. Ninguém as vê. Elas têm sua existência garantida por instrumentos e comprovada por aplicações cujo resultado ocorre conforme as predições estabelecidas por uma mistura entre o conhecimento pensado na forma de teoria e a demonstração instrumental, de alguma forma, combinada com esta. Isto quer dizer que se começar a pensar (ou ensinar, ou aprender, etc.) a Biologia a partir da molécula, estaremos exigindo que, antes de pensar os conceitos estruturantes desta ciência, se pense no mundo invisível da molécula com todos os estatutos que lhe atribuí sentido, significado e meios de compreensão. O mesmo pensamento vale para as células. Elas não ficam por ai se apresentando. Assim como as moléculas, são estruturas altamente organizadas. Entendê-las é procurar abstrações bem diferentes daquelas que se constroem a partir do que se vê. Órgãos também são cheios de mistério. Não são microscopicamente invisíveis, mas estão ocultos no interior dos corpos. É possível

senti-los, eles podem doer, se expandir ou contrair. Não se duvida de sua existência, mas não se pode ver o que fazem. Salvo indiretamente.

A questão do corpo tem uma história inteiramente diferente da questão de moléculas e células. O corpo é absolutamente visível (portanto, concreto, real). É o meio físico que o homem (e todos os outros seres vivos macroscópicos) se relaciona com o mundo. E, além de ter existência real, ele expressa a vida. Como substantivo, a vida é um conceito metafísico. No entanto, em um ser que manifesta a vida, expressa a vida, contém vida, ela se torna complemento. Em um ser que vive, ela se torna predicado.

E, as moléculas de DNA, os genes, os fatores mendelianos? Além de não serem vistos, são manipulados estatisticamente. É preciso um tipo de abstração para construir a ideia do gene, como um complexo molecular que mobiliza várias moléculas para produzir uma característica final. E, outro tipo de abstração para construir o sentido das combinações estatísticas encontradas e suas interpretações.

Desta forma, as ciências biológicas identificadas com o mecanismo (biologia molecular, biologia celular e morfofisiológica) exigem, para sua compreensão, muito mais do que o relato articulado de suas teorias, tais como: moléculas simples – moléculas complexas – coacervados – organismos unicelulares – organismos pluricelulares, com uma ampla gama de níveis de complexidade e com propriedades homeostáticas. O olhar biológico, para enxergar o objeto de sua preocupação, o ser vivo, com as características antes relatadas, precisa apreender o mundo onde a molécula, a célula e o organismo nasceram e, com isso, entender suas propriedades. E, esse mundo, é o mundo real.

Olhemos agora além do organismo. A forma de organização imediatamente após o indivíduo e seus trilhões de células, no olhar do biólogo, é a população. Esta pode ser definida como número de indivíduos da mesma espécie vivendo em um local específico (p.ex. população de tamanduás na Serra da Canastra, população de papagaio-da-cara-roxa no Vale do Ribeira). Esta população possui propriedades específicas de aumento, equilíbrio e diminuição, fatores externos e internos que a influenciam. Possui também formas próprias de representação, tais como: taxas, tabelas, gráficos e modelos. Grande parte de suas

propriedades são matemáticas o que torna o estudo das populações uma atividade muito matematizada.

A mesma situação ocorre quando se quer estudar a maneira com que os genes se distribuem na população. A aplicação direta do modelo mendeliano produz uma equação com as características do binômio de Newton. Um aprofundamento nas variáveis que atuam sobre os genes (presença dos fatores evolutivos), torna o modelo matematicamente mais complexo.

Assim, também para estes casos, embora não sejam ciências mecanicistas, os estudos de populações exigem uma abstração além daquela que identificam a constituição e a dinâmica das populações. A ideia de “processo” que identifica o desenvolvimento das populações é também necessária para compreendê-las.

Das populações passemos aos ecossistemas. A base da teoria ecológica é uma mistura da termodinâmica com a teoria dos sistemas. A primeira fornece à teoria o conceito de transformação de energia enquanto a segunda o substrato que sustenta a ideia da composição sistêmica constituída das interações entre os organismos responsáveis pelo fluxo de energia e matéria e o ambiente físico em seu interior. A constituição biótica e abiótica do ecossistema e sua atividade ligada ao movimento interno de energia e matéria expressam, classicamente, em sua estrutura e função. É óbvio que, portanto, para se compreender o conceito de ecossistema é preciso antes conhecer os conceitos de transformação, equilíbrio dinâmico e teoria dos sistemas. São conceitos aparentados, mas que dependem de uma visão mecânica de mundo do século XIX.

A relação entre as transformações morfo-fisiológicas que, espontaneamente, ocorrem nos organismos, permitindo que esses respondam às variações ambientais e aquelas que ocorrem na estrutura das populações que, igualmente, respondem à tais variações, é explicada pela teoria da evolução.

A construção desta teoria se concentrou na busca de uma explicação para a origem da variedade de seres vivos encontrados no planeta. A percepção desta variedade leva ao reconhecimento de duas questões fundamentais para a biologia. Primeiro, como tal variedade de seres apareceu? Teve um criador fora da natureza física das coisas ou a criação se deu por algum agente da própria

natureza? Segundo, seu aparecimento ocorreu de uma só vez ou um ancestral foi, aos poucos, originando outros tipos de indivíduos, por algum tipo de transformação?

As explicações sobre esta questão foram elaboradas de muitas maneiras ao longo da história. Mas, considerando a hegemonia do pensamento europeu, é plausível transportar a discussão para o confronto (inteiramente político) entre religião e ciência, ou criacionismo e evolucionismo. O primeiro tem suas raízes na patrística e na escolástica e se sustenta através da argumentação e do dogma. O segundo é originado na tradição histórica, dedutiva e empírica (e, mais tarde, experimental e matematizada).

Muito bem, o que temos na natureza que nos auxilie na busca pela resposta além da, já mencionada, grande variedade de tipos (espécies) de seres que habita o planeta? Temos, é claro, uma história de mil anos fortalecendo a visão da criação. Temos uma vontade política de se libertar da Igreja e seu sistema de poder nos últimos cinco séculos. E, essa vontade é produto de uma nova visão de mundo dos novos donos do poder, os burgueses, diferente da medieval. Mas, e na natureza? O que aparece e, imediatamente, nos faz pensar? São os fósseis.

O que se extrai, de imediato, ao se examinar um fóssil? A primeira coisa a perceber é que pedras que contêm restos de animais e plantas encontradas em camadas profundas de rochas muito antigas podem indicar que estes seres também deveriam ser muito antigos. Ou seja, havia seres no passado com algumas características parecidas com os seres atuais. E, desapareceram. Porque existiam e deixaram de existir? Alguns eram muito parecidos na forma e no esqueleto, percebendo-se até certo parentesco com algum grupo atual. Se todos os seres vivos tivessem sido criados ao mesmo tempo, porque alguns se extinguiriam? É um bom argumento contra a tese da criação, fortalecendo aqueles que combatiam as ideias da Igreja medieval. E assim, conforme a Igreja perdia o poder e o controle da geração da riqueza na Europa, as ideias deterministas iam sendo abandonadas. Os fósseis, nas mãos dos novos pensadores, passaram a sustentar a ideia de que a solução na própria natureza e a teoria da existência de um ancestral passou a prevalecer nos meios científicos, principalmente, a partir do século XIX.

A ideia de parentesco, sugerida pelo estudo dos fósseis podia ser perfeitamente aplicada aos grupos de animais e plantas da atualidade. Se os seres do passado poderiam ter parentesco com os do presente, porque estes não

poderiam ter um parentesco entre si? As formas gerais, os esqueletos e, mais tarde, a embriologia dos animais começaram a sugerir que sim. Isto quer dizer que poderiam ter um ancestral comum. Ou seja, num passado muito remoto, um tipo (ou espécie) de animal poderia ter originado todos os outros. Mas como seria o processo? Surgiram aí as diversas explicações pré-evolucionistas do século XVIII até chegarmos a Darwin e sua famosa teoria.

Desta forma, a teoria da evolução é uma explicação construída a partir de outras teorias e ideias produzidas ao longo da história. Seu potencial se assenta na solução proposta sobre a questão da variedade de tipos (ou espécies) existentes e que existiram no mundo. A formulação geral desta teoria consiste na premissa de que formas variadas do ancestral comum e dos demais ancestrais, ao longo da genealogia das espécies, aparecem espontânea e casualmente e são selecionadas pelas variações do meio natural. É a seleção natural.

Mais tarde, já no século XX, compreendeu-se que tais variações ocorriam graças às mutações e recombinações casuais nos genes, alterando, não somente o indivíduo, mas, a frequência gênica de toda a sua população. Além desses dois fatores, também interferiam na estrutura gênica de uma população a migração e a deriva gênica. Era a presença da teoria genética na evolução darwiniana, produzindo a Teoria Sintética da Evolução. Também faz parte desta teoria o estudo dos diferentes tipos de seleção. Os modelos matemáticos simulando situações ligadas à estrutura das populações procurando entender as causas de suas alterações, são muito comuns na constituição desta teoria.

Pode-se ver, com isso, que a teoria da evolução é constituída de uma história onde participam várias teorias passadas e presentes, buscando compatibilizar a ideia de organismo vinda do organicismo mecanicista com os estudos de populações, vindos das ideias historicistas da geologia, paleontologia, biogeografia, genética e ecologia.

Bem, se a pergunta inicial foi: com que olhar a Biologia enxerga o mundo, a resposta é: com as teorias que constituem sua estrutura e com os fenômenos os quais as teorias procuram explicar. Essas teorias, por sua vez, possuem um conjunto de concepções e explicações, existentes em determinado contexto no qual foram concebidas. Da mesma forma, os procedimentos pelos quais produziram informações que, em contato com a teoria, se tornaram conhecimento,

também possuem contextos próprios. Isto quer dizer que a Biologia além de suas teorias e objetos de estudo contém a história de suas teorias, a visão de mundo na qual elas se estruturaram e a estrutura teórica da teoria. O mundo é visto, elaborado e descrito pela Biologia, pois, munido de seus estatutos ontológico, epistemológico, histórico-social e conceitual.

Sendo assim, para aprender a Biologia, entende-se que é preciso conhecer estes elementos estruturantes que lhe conferem legitimidade. Tais estatutos podem ser utilizados para cumprir tal propósito no seu ensino, não priorizando nenhum deles em detrimento de outro, inserido-os em atividades de formação de professores de Biologia, bem como, na estrutura dos documentos curriculares e dos currículos escolares para os alunos do Ensino Médio, em suas devidas proporções.