



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM EDUCAÇÃO  
PARA A CIÊNCIA E A MATEMÁTICA

FERNANDA PERES RAMOS

**O CONCEITO DE GENE EM DISCURSOS DE PROFESSORES-  
PESQUISADORES: evolução em andamento ou revolução permanente?**

MARINGÁ  
2010

FERNANDA PERES RAMOS

**O CONCEITO DE GENE EM DISCURSOS DE PROFESSORES-  
PESQUISADORES: evolução em andamento ou revolução permanente?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática  
Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Maria Júlia Corazza  
Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

MARINGÁ  
2010

**FERNANDA PERES RAMOS**

**O CONCEITO DE GENE EM DISCURSOS DE PROFESSORES-  
PESQUISADORES: evolução em andamento ou revolução permanente?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Maria Júlia Corazza**  
DBI/UEM - Orientadora

---

**Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves**  
DFI/UEM – Co-orientador

---

**Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Marcos Rodrigues da Silva**  
UEL/Londrina

---

**Prof. Dr. Pedro Luis Navarro Barbosa**  
DLE/UEM

Dedico este trabalho  
aos meus pais, Lucio e Maria Aparecida  
e ao meu irmão André, que estiveram  
presentes em todos os momentos,  
contribuindo com suas qualidades e  
atenção.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço ao Autor da Vida, pela oportunidade de atravessar esse período existencial, onde temos a possibilidade de abstrair conhecimento nas diversas situações temporais.

À minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Maria Júlia Corazza, pela sua ininterrupta orientação durante essa pesquisa, pela qual foi possível transformar minhas ansiedades em concretização cognitiva; mas também pelo carinho e atenção suplantados a qualquer expectativa.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Marcos César Danhoni Neves, por suas singulares contribuições para a elaboração deste trabalho; e também por seu carinho e afeição.

À banca examinadora: professor Dr. Marcos Rodrigues da Silva e professor Dr. Pedro Luis Navarro Barbosa, pela valiosa contribuição durante o exame de qualificação.

Aos meus familiares: mãe, pai e irmão que sempre me incentivaram.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, equipe de professores e secretária.

Aos professores-pesquisadores participantes desta pesquisa, que tornaram este trabalho viável.

## SUMÁRIO

### RESUMO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>1. CIÊNCIA: ENTRE CONSTRUÇÕES E RUPTURAS</b> .....	17
1.1 A CONSTRUÇÃO DO PARADIGMA DA CIÊNCIA MODERNA .....	18
1.1.1 <b>Concepções Filosóficas e o Método Científico: da Antiguidade ao Indutivismo de Bacon</b> .....	21
1.1.2 <b>Os problemas da indução</b> .....	31
1.1.3 <b>Descartes: o idealismo racional e a analogia mecânica</b> .....	32
1.1.4 <b>Algumas considerações sobre o empirismo de Locke e as vertentes idealistas e Materialistas</b> .....	38
1.1.5 <b>A consolidação do Paradigma da Ciência Moderna: o positivismo e suas peculiaridades</b> .....	43
1.2 <b>PARADIGMA DA CIÊNCIA MODERNA X PARADIGMA DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA: ENTRE O RACIONALISMO E O RELATIVISMO</b> .....	46
1.2.1 <b>Positivismo Lógico x Racionalismo Popperiano – convergências e divergências</b> .....	47
1.2.2 <b>Thomas Kuhn e Paul Feyerabend: entre o racionalismo crítico e o relativismo</b> .....	50
1.2.3 <b>Paradigma da Ciência Moderna, Contemporânea ou Transitório?</b> .....	59
1.3 <b>CONSIDERAÇÕES</b> .....	61
<b>2. CIÊNCIA, GENÉTICA E EPISTEMOLOGIA</b> .....	64
2.1 <b>A HEREDITARIEDADE PARA OS GREGOS</b> .....	65
2.2 <b>HEREDITARIEDADE: DO APOGEU DA GRÉCIA AOS FATORES MENDELIANOS</b> .....	69
2.3 <b>LAMARCK E DARWIN: TEORIAS ACERCA DA EVOLUÇÃO E A HEREDITARIEDADE</b> .....	82
2.4 <b>MENDEL E SUAS CONJECTURAS ACERCA DA HEREDITARIEDADE</b> .....	92

2.5	A HEREDITARIEDADE CONTEMPORÂNEA A MENDEL E O FLORESCER DO SÉCULO XX .....	97
2.6	O REDESCOBRIMENTO DOS TRABALHOS DE MENDEL .....	110
2.7	A CIÊNCIA DA HEREDITARIEDADE: A CONSOLIDAÇÃO DA GENÉTICA CLÁSSICA .....	111
2.8	A GENÉTICA MODERNA E SEU DOGMA CENTRAL: O GENE .....	121
2.9	GENE – DOGMAS E INCERTEZAS: BIOLOGIA MOLECULAR, PGH E ERA PÓS-GENÔMICA .....	137
2.10	CONSIDERAÇÕES .....	153
<b>3.</b>	<b>A FENOMENOLOGIA COMO OPÇÃO METODOLÓGICA NA PESQUISA QUALITATIVA .....</b>	<b>155</b>
3.1	A ANÁLISE DO DISCURSO PAUTADA NA FENOMENOLOGIA .....	156
3.2	O PROCESSO DE OBTENÇÃO DE DADOS .....	160
3.3	O PERFIL DOS PROFESSORES-PESQUISADORES PARTICIPANTES .....	162
3.4	UNIDADES DE SIGNIFICADO E CATEGORIAS PARA A ANÁLISE FENOMENOLÓGICA DOS DISCURSOS ENTRE PROFESSORES-PESQUISADORES .....	162
3.5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS ENTRE PROFESSORES-PESQUISADORES.....	167
3.6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS CONCEPÇÕES DE GENE ENTRE PROFESSORES-PESQUISADORES .....	185
<b>4.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>201</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>204</b>

## **ANEXOS**

ANEXO 01: QUESTÕES SEMI-ESTRUTURADAS UTILIZADAS DURANTE AS ENTREVISTAS .....	216
--	-----

ANEXO 02: TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS COM OS PROFESSORES-PESQUISADORES .....	218
--	-----

## **O CONCEITO DE GENE EM DISCURSOS DE PROFESSORES-PESQUISADORES: evolução em andamento ou revolução permanente?**

### **RESUMO**

Durante o percurso histórico da ciência varias perspectivas foram evidenciadas em sua construção. Essa construção se estabeleceu de forma peculiar nos diferentes contextos históricos e comunidades científicas de cada época, pautada por distintos métodos, que por sua vez, receberam grande parte de suas influências das várias concepções filosóficas que se formaram ao longo da história da ciência. Entre as correntes de forte influência na construção científica até o século XXI se encontra o positivismo, caracterizado pela idéia de uma ciência progressiva e cumulativa. Tais concepções filosóficas são confrontadas pelas idéias que caracterizam o Paradigma da Ciência Contemporânea, pautado nas incertezas e imprevisibilidades. Todavia, no campo da genética biomolecular, as pesquisas desencadeadas ao final do século XX geraram expectativas no público em geral, principalmente em relação à cura de doenças genéticas, contribuindo para reforçar no imaginário social uma ciência salvacionista pautada na linearidade cumulativa de conhecimentos, caracterizado como Paradigma da Ciência Moderna. Os períodos epistemológicos acerca da construção da ciência e do conhecimento sobre o gene são temas deste estudo que tem como objetivo analisar os discursos de professores-pesquisadores do ensino superior com o intuito de identificar as tendências manifestadas em relação à ciência como forma de produção do conhecimento e suas concepções acerca do conceito de gene. A opção metodológica escolhida para a Análise dos Discursos foi a Fenomenologia, a qual se mostrou pertinente a essa pesquisa, uma vez que o trabalho teve como foco as diversas formas de manifestações dos discursos, presente muitas vezes não apenas na fala, mas no silêncio e nas ideologias implicitamente expressas. As análises fenomenológicas evidenciaram a presença do padrão de concepção de ciência linear e cumulativa, bem como, manifestações discursivas imersas na transitoriedade, revelando um padrão transitório entre os valores pautados na linearidade cumulativa e em uma complexidade multicausal da ciência, próprios da ciência moderna e contemporânea. A forte presença dos valores da ciência moderna nos discursos científicos revelou-se como vestígios de que, os discursos regidos nos valores de complexidade multicausal da ciência sejam apenas indícios de manifestações críticas a um paradigma ainda dominante nessa sociedade.

**Palavras-chave:** positivismo, paradigma da ciência moderna, paradigma da ciência contemporânea, gene



## **THE CONCEPT OF GENE IN RESEARCHER-TEACHERS: development in progress or permanent revolution?**

### **ABSTRACT**

During the historical course of science several perspectives were evident in its construction. This construction was established in a peculiar way among the distinct historical contexts and scientific communities of each time, based by different methods, that in their turn received a large part of their influence from several philosophical conception that has been formed in the pass of history of science. Among the chains of greatest influence in scientific construction until the XXI century there is the positivism, characterized by the idea of progressive and cumulative science. Such philosophical conception are confronted by the ideas that characterizes the contemporary Science Paradigm, based on the uncertain and unforeseen of science. However, in the field bimolecular genetics, the unleashed researches in the end of century XX generated great expectations to general public, mainly for curing genetics diseases, contributing to reinforce, in social imaginary a Salvationist science ruled of paper in commutative linearity of knowledge, characterized as Paradigm of Modern Science. The epistemological periods about construction of science and the knowledge about the gene are the themes of this study that has as goal to analyze the research-teacher discourses as goal identify the trends expressed with relation in the science as a way of production of knowledge e their conceptions about the conception of gene. The methodological choice for Discoursing Analyze was the Phenomenology, such proved relevant to this research, since has as focus the several ways of manifestation in discourses, present many time not only in speech, but in the silence and on ideology implicitly expressed. The fenomenoloficas analyze showed the presence of a conception pattern of linear and cumulative science, as well, discursive manifestations immersed in transience, showing a transitory pattern between the values based on cumulative linearity and a complexity multicausal science, own of modern and contemporary science. The strong presence of modern science values in scientific discourses, reveal as traces of discourses based in values of multicausal complexity of science are as the evidences critical manifestation to a paradigm still dominant in our society.

**Keywords:** Positivism, Paradigm of modern science, Paradigm of contemporary science, gene.

## INTRODUÇÃO

No percurso histórico da ciência várias lentes foram utilizadas para observar os fenômenos e construir conhecimentos. Essa construção se estabeleceu de forma peculiar nos diferentes contextos históricos e comunidades científicas de cada época, sendo caracterizada por métodos distintos de se fazer ciência. Esses métodos foram observados e discutidos por vários filósofos da ciência contemporânea, que ao descrevê-los, deixaram transparecer seus posicionamentos e suas lentes para a observação do universo.

Dentre as concepções filosóficas de longo alcance e forte influência na construção científica até o século XXI, destaca-se o positivismo. Essa corrente de pensamento tem sua origem no empirismo, desde a antiguidade, mas as bases concretas se instauram na Idade Moderna, que tem início no século XVI, solidificando-se no século XVIII, em um contexto histórico do capitalismo do Estado e da constituição da classe burguesa, fazendo convergir interesses econômicos e políticos.

Entre as características marcantes dessa concepção filosófica se destaca um modelo de racionalidade regida por um rigoroso determinismo científico e apoiado na formulação de leis à luz de um método eficiente – o “método experimental” (ZAMBIASI, 2006, p. 70). Essa concepção de construção científica tem se perpetuado por longo tempo, caracterizando o denominado Paradigma da Ciência Moderna (SOUSA SANTOS, 1988).

O Paradigma da Ciência Moderna adentrou o século XX por meio da valorização e fomentação dos projetos experimentais, baseado na racionalidade científica como solução dos problemas da humanidade e uma confiança não crítica e superficial na estabilidade e no crescimento sem obstáculos da ciência (REALE, 1981). Entre suas características marcantes se destaca a idéia de uma ciência linear e cumulativa na aquisição de conhecimentos científicos.

Para alguns epistemólogos, o Paradigma da Ciência Moderna com sua visão salvacionista e inquestionável da ciência, atingiu na segunda metade do século XX, ao que Kuhn (1998) considera como uma crise no interior de um paradigma. Outros teóricos denominam esse período, de crise na ciência da pós-modernidade, caracterizando-o em um contexto histórico no qual o conceito, os critérios de certeza, a validade dos métodos da ciência e sua relação com a realidade são questionadas e reavaliadas (LYOTARD, 2006). Nas palavras de Moles (1995, p. 16) “a ciência tal como a conhecemos não nos fala quase do que é

impreciso, do que é flutuante, do que muda e só se repete aproximativamente”, pois prefere “as correlações fortes entre as variáveis ao invés das correlações fracas da vida”.

De acordo com Lampert (2005) o Paradigma da Ciência Moderna perdeu seu monopólio e credibilidade, não sendo mais capaz de explicar a complexidade e a grande gama de fenômenos. No novo Paradigma da Ciência Contemporânea, pautado nas teorias da própria ciência, as verdades inquestionáveis da visão positivista e reducionista esbarram nas incertezas e nas imprevisibilidades; a estabilidade e o determinismo confrontam-se com a entropia e flutuações, a reversibilidade com a irreversibilidade e evolução, a linearidade com a complexidade; a ordem com a desordem e caos, a simples causalidade com a multicausalidade (MORAES, 1997; BEHERENS, 2003).

Para Sousa Santos (2002) o Paradigma da Ciência Contemporânea teria se desencadeado mediante alguns sinais de exaustão do Paradigma da Ciência Moderna. Entretanto, cabe ressaltar que, é necessário um período de tempo significativo, para que um paradigma seja derrubado e outro se levante. Nesse período de tempo se estabelece o que Kuhn (1998) denomina de uma crise paradigmática, ou seja, uma transição entre paradigmas, onde há indícios de exaustão do paradigma vigente, sinalizando o despertar do paradigma emergente. Nessa perspectiva, o momento atual sugere a presença na ciência de um período epistemológico transitório entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea.

Na Biologia, um episódio científico que possibilita uma ilustração de rupturas paradigmáticas pode ser observado entre o século XX e XXI no que se refere ao conceito de gene. O início do século XX foi marcado pela introdução de um novo ramo à Biologia, a genética, uma ciência que estuda os mecanismos da hereditariedade. Nesse contexto histórico, um cientista dinamarquês, Wilhelm Johannsen, introduziu o termo gene para expressar “o fato evidente de que, em qualquer caso, muitas características de um organismo são especificadas nos gametas por meio de condições especiais, fundadoras e determinantes, as quais estão presentes de maneira única, separada e, portanto, independente” (JOHANNSEN, 1909, *apud* KELLER, 2002, p. 13). Embora concebesse a herança baseada em processos físico-químicos e advertisse que o gene poderia ser representado por algo estrutural, morfológico, Johannsen não se preocupou em estabelecer uma estrutura material para o gene.

Com o reconhecimento da genética mendeliana e com o desenvolvimento de uma série de pesquisas, realizadas entre os anos de 1930 a 1950, como por exemplo, a compreensão da base físico-química do material genético, estabelecendo-se a relação entre informação genética e ácido desoxirribonucléico (DNA), o conceito de gene foi absorvendo uma identidade molecular, e, portanto, material (EL-HANI, 2007).

Esse panorama gênico, típico do Paradigma da Ciência Moderna, recebeu fortes doses de otimismo com o modelo estrutural de dupla-hélice para o DNA, proposta por Watson e Crick em 1953. Naquele momento, ao ser relacionado a segmentos da seqüência de bases do DNA, o gene, adquiriu uma forma física (KELLER, 2002). Essa maneira de construção científica tem suas bases no Paradigma da Ciência Moderna e em sua valorização empírica positiva. Portanto, uma ciência real era uma ciência física e não metafísica. Nesse contexto nada mais útil do que uma unidade hereditária palpável, o gene.

Esse enfoque físico, voltado para os fatos, desencadeou uma revolução na genética, passando a hereditariedade a ser analisada em termos bioquímicos e moleculares. Os trabalhos voltados para esse prisma possibilitaram grandes avanços na caracterização do material genético, fazendo com que os cientistas das últimas décadas do século XX, se estribassem em certezas, propondo uma relação cada vez mais intrínseca entre o gene e a expressão gênica dos organismos vivos (KELLER, 2002).

Esses aspectos foram pano de fundo para o advento da engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante que, a partir da década de 1970, permitiu aos cientistas, por meio da posse de tantas ferramentas, ousarem sonhos mais altos. Nas décadas finais do século XX, a possibilidade de manipular e rearranjar trechos de DNA, gerada pela tecnologia do DNA recombinante, tornou-se o cerne de um sistema tecnológico em trâmite. Para Leite (2006), esses avanços denominados de biotecnologia penetraram na medicina, na reprodução humana e na agricultura, tendo como base a conversão da pesquisa biológica a um modelo predominantemente molecular, voltado para o reducionismo e determinismo genético.

Nessa atmosfera social e científica, em meados da década de 1980, iniciaram-se as discussões sobre o desenvolvimento de um mega projeto de mapeamento e sequenciamento do genoma humano, com o objetivo primeiro de detectar mutações entre os sobreviventes da bomba atômica e acelerar a compreensão dos mecanismos responsáveis pelo câncer (DULBECCO, 1986).

Como uma das maiores e mais divulgadas empreitadas da genética molecular, o Projeto Genoma Humano (PGH) teve início em 1990 com a tarefa de mapear e sequenciar o genoma humano e a promessa de revelar “o que é ser humano” (ROBERTS, 2000, p. 1185). Os ecos dessas concepções positivistas e deterministas, intensamente propagados pela imprensa, provocaram o entusiasmo de grande parcela da população pela perspectiva da longevidade, da cura do câncer e outras doenças geneticamente transmissíveis, enquanto que outros, principalmente da academia, incluindo os participantes do próprio PGH, manifestavam

inquietações pelas implicações éticas, sociais e legais que esses conhecimentos poderiam gerar.

Todavia, a perspectiva de descobrir ‘o que significa ser humano’, da cura imediata de doenças genéticas por meio da identificação e manipulação dos genes, foi mitigada com as publicações de uma extensa lista de letras, simbolizando a ordem de 3,2 bilhões de bases que compõem o DNA humano, que pouco, porém, revelou em termos de genes, genótipo e fenótipo. Ao invés de esclarecer o “segredo da vida”, o genoma mostrou-se como uma entidade complexa, interagindo de forma igualmente complexa com a célula, o organismo e o ambiente, rompendo o conceito de simples causalidade entre gene e informação. Utilizando as palavras de Keller, na decodificação das seqüências de nucleotídeos...

[...] podemos ler pelo menos um reconhecimento tácito de quão grande é o abismo entre “informação” genética e significado biológico”. É claro, a existência desse abismo foi intuída há muito tempo, e, não sem freqüência, podíamos ouvir vozes acauteladoras tentando nos prevenir. Somente agora, porém, começamos a sondar as profundezas desse abismo, maravilhando-nos não com a simplicidade dos segredos da vida, mas com complexidade (KELLER, 2002, p.19).

Os resultados obtidos com o PGH, ao invés de acumular conhecimentos para uma ciência linear, trouxeram respostas inesperadas, como por exemplo, a informação de que o genoma humano não seria constituído por um número tão grande de genes, assim como era imaginado no início da pesquisa, representando não mais que 30.000 genes, e ainda o fato de que, apenas cerca de 2% do genoma humano seriam codificados em proteínas (WATSON; BERRY, 2005).

Diante de um número tão reduzido de genes em relação ao que se imaginava antes das pesquisas, e da percepção de que organismos inferiores seqüenciados possuíam um genoma pouco diferente dos considerados organismos superiores, algumas questões emergem: o que há entre os genes e sua expressão final? Quais as funções dos genes? O que são genes? Afinal, o gene atravessa uma crise paradigmática conceitual?

Cinquenta anos após a descoberta da estrutura do DNA e ao tempo que o PGH atingia os objetivos de mapear e seqüenciar o genoma humano surgiu novas incógnitas sobre o que é gene. Usando as palavras de Keller (2002, p.79), trata-se hoje de “um conceito em apuros”. Para Barata e Guimarães (2007), o momento atual direciona o pensamento genético à complexidade e à multicausalidade, indo além da relação direta entre genes e características.

Este panorama científico tornou pertinente essa pesquisa, que teve entre seus objetivos retratar a história do conceito de gene, bem como, identificar elementos mapeadores de

pensamentos de continuidade ou de ruptura acerca desse conceito nos discursos de professores-pesquisadores do Ensino Superior.

Todavia, tais perspectivas trouxeram também para o trabalho a intenção de observar nos discursos dos professores-pesquisadores, indícios de um recorte epistemológico que tem caracterizado a construção científica no início do século XXI e a tomada de posição destes pesquisadores, desvelando assim qual (ou quais) paradigma(s) tem norteado a visão desses pesquisadores.

A construção do presente trabalho dentro do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática justifica-se pelo fato de trazer entre suas discussões o estudo dos diferentes paradigmas que direcionam a produção do conhecimento científico. Tais perspectivas estão imbuídas entre os aspectos desenvolvidos na Linha de Pesquisa deste Programa denominada: História, Epistemologia e Ética da Ciência, ao retratar os cenários histórico-culturais em que os conhecimentos científicos são produzidos e legitimados, bem como, seus paradigmas e valores.

O presente trabalho compreende quatro capítulos:

O primeiro capítulo denominado Ciência: entre construções e rupturas, descreve sobre as influências filosóficas que participaram da construção do Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea. A descrição das várias lentes paradigmáticas da ciência contribuiu para a identificação de valores conceituais pertinentes ao Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea na análise dos discursos dos professores-pesquisadores do Ensino Superior, descrita no terceiro capítulo.

O segundo capítulo denominado de Ciência, Genética e Epistemologia, tem como tema principal um relato histórico sobre a hereditariedade, e, por conseguinte, o gene. Os primórdios dessa história têm como cenário a Grécia Antiga, centrando-se nos esforços dos filósofos em entender a transmissão das características hereditárias. No percurso do capítulo são retratados os avanços da ciência da hereditariedade, obtidos com o auxílio de outras ciências, como a física, a matemática e a química, e o surgimento de um novo salto – a consolidação da genética molecular, finalizando com as últimas pesquisas genômicas.

O terceiro capítulo denominado de A Fenomenologia como Opção Metodológica na Pesquisa Qualitativa abrange a descrição e justificativa da opção metodológica, o procedimento para a coleta de dados, os resultados e discussões das análises parciais dos discursos dos professores-pesquisadores entrevistados.

A opção metodológica escolhida para a Análise dos Discursos foi a Fenomenologia, a qual se mostrou pertinente a essa pesquisa, uma vez que o trabalho teve como foco as diversas

formas de manifestações dos discursos, presente muitas vezes não apenas na fala, mas no silêncio e nas ideologias implicitamente expressas.

As análises tiveram a intenção de constatar as tendências explicitamente ou implicitamente manifestadas nos discursos de professores-pesquisadores do Ensino Superior em relação à ciência como forma de produção de conhecimento, bem como, suas concepções acerca do conceito de gene.

Entre as proposições com relação aos discursos dos professores-pesquisadores conjecturou-se identificar seqüências discursivas pautadas em valores modernos como objetividade, causalidade e linearidade ou ainda, em valores contemporâneos como as noções de complexidade e descontinuidade em relação ao gene e a ciência como produção de conhecimento.

Tais proposições justificaram-se devido ao período histórico contemporâneo apresentar-se em vários âmbitos da ciência ainda emergidos pelos valores do cenário histórico-cultural moderno. Outro aspecto que validou tais perspectivas pode ser justificado na utilização da Fenomenologia como suporte metodológico. Entre esses pressupostos está a idéia de *intencionalidade* em relação aos discursos analisados, uma vez que, não existe o objeto em si, mas a partir dos diferentes significados que cada professor-pesquisador atribui ao objeto (ARANHA e MARTINS, 1993). Logo, as seqüências discursivas de profissionais especializados seriam *intencionais* e não *determinadas*.

Durante as análises foi possível identificar algumas hipóteses inicialmente levantadas, como a presença do padrão de concepção de ciência linear e cumulativa. Todavia, entre os discursos apareceram também, manifestações discursivas transitórias, nas quais os sujeitos se mostraram imersos na transitoriedade. A expressão desse sentido de heterogeneidade nos discursos a respeito da ciência como forma de produção de conhecimento, revelou um padrão transitório entre os valores pautados na linearidade cumulativa e em uma complexidade multicausal da ciência.

Tal transitoriedade discursiva ao levantar entre as categorias discursivas um denominado Padrão Transitório entre Ciência Moderna e Contemporânea revelou que, esse sujeito professor-pesquisador, em vários momentos mostra-se mais materialista histórico, ou seja, *determinado* pela estrutura do que idealista e *intencional*.

Todavia, além das constatações acima mencionadas, as análises permitiram discussões sobre os valores que legitimam a ciência e ainda, sobre a influência desses valores na construção do conceito de gene entre os professores-pesquisadores, desvelando por meio da transitoriedade discursiva a presença de possíveis rupturas ou continuidade nesse conceito.

A relação entre as Análises e suas Discussões permitiu perceber tanto a presença de concepções científicas quanto uma atenuação nas tendências reducionistas e deterministas nos discursos de questões pautadas na relação entre o gene e sua expressão fenotípica. Ora, tais manifestações discursivas a cerca do conceito de gene mostram-se como indícios de uma descontinuidade no conhecimento gênico, e logo, dos valores contemporâneos?

Possivelmente, no momento atual, esse conceito requeira apenas “algumas emendas conceituais”, o que não significa que ocorrerá uma ruptura paradigmática, ou seja, não se trata de abandonar o conceito, mas de repensá-lo (KELLER, 2002; EL-HANI, 2007). Nessa perspectiva, a permanência do conceito se sustentaria a partir da mudança de entidade real para uma entidade abstrata.

Contudo, se tais indícios não necessariamente representam uma queda paradigmática no conceito de gene, as manifestações de valores pautados na complexidade e multicausalidade sinalizam o surgimento de um novo paradigma, ou são apenas sintomas contemporâneos dentro de um paradigma ainda vigente?

Autores como Latour (2000), sugerem que, provavelmente o momento represente apenas um sintoma contemporâneo em uma ciência ainda moderna, ou seja, um movimento de manifestações críticas aos valores da ciência instaurada na Idade Moderna. Isto é, assim como o conceito tradicional de gene ainda responde às necessidades, os valores da Ciência Moderna ainda funcionam para grande parcela das pesquisas atuais.

Tais discussões aqui mencionadas, bem como, alguns pontos reflexivos, tecem as Considerações Finais trazidas no quarto capítulo deste trabalho. Todavia, cabe destacar que os apontamentos tecidos a partir das discussões e análises desencadeadas sobre os valores que tem permeado a construção científica no início do século XXI e seu alcance de influência na construção do conceito de gene não trouxeram respostas *determinadas*, mas ricas reflexões.

Este fato torna este trabalho mais venturoso, uma vez que permite angariar as *intencionalidades* implícitas a um cenário histórico-cultural *determinado* pelos valores empírico-causais.



## 1. CIÊNCIA: ENTRE CONSTRUÇÕES E RUPTURAS

As palavras carregam significado próprio e ao serem apropriadas para caracterizar um conceito, expressam muito mais do que sua simples origem, pois não simplesmente significam, ou caracterizam algo, mas são caracterizadas também pelo significado de uma apropriação histórica e dinâmica, uma vez que se dá pela construção social humana. Nas palavras de Bakhtin (1997, p.47), “as palavras são tecidas a partir de uma multidão de fios ideológicos<sup>1</sup> e servem de trama a todas as relações sociais em todos os domínios”.

Uma ilustração desta afirmação pode ser observada na palavra ciência, cuja etimologia vem do latim, *scire*, e designa conhecimento, saber. A palavra ciência, no entanto, apresenta um significado muito mais amplo, ideológico e paradigmático, que se expande além de seu sentido etimológico, em virtude de sua construção acontecer pelo homem e para o homem.

Ao retratar a ciência em uma perspectiva fenomenológica, Danhoni Neves (2005), em seu livro “O que é isto a Ciência?”, considera que:

Chegamos a um ponto de conhecimento onde já não é mais possível excluir o homem como fonte desse conhecimento; onde a perspectiva da ciência confunde-se com a perspectiva do ver e do ser em ciência; onde subjetividade e objetividade coexistem num todo conformacional; onde o homem, jogado no mundo das contingências, situa-se numa coexistência potencial do fazer e do compreender a ciência (DANHONI NEVES, 2005, p. 20).

O autor, ao conceber que a perspectiva de ciência “confunde-se com a perspectiva do ver e do ser em ciência”, revela a presença constante do homem na construção científica, que por sua vez, sofre influências de construções anteriores, ocorridas na história da humanidade. Essa construção, portanto, não é neutra, mas influenciada pelo contexto social e histórico, no qual ciência e homem estabelecem uma relação cíclica.

---

<sup>1</sup> O termo ideologia será mencionado ao longo dessa pesquisa na perspectiva dos trabalhos de Louis Althusser, desenvolvidos na abordagem reflexiva marxista, a qual considera ideologia como sistema de representações dotado de uma existência e de um papel históricos no seio de uma dada sociedade. Em sua obra *Marxismo e Humanismo* (1963), Althusser tematiza a ideologia como um conjunto de relações que ocultam ou representam mal as relações reais, embora ao mesmo tempo designem uma relação vivida, portanto, real. Indica-se a Leitura: ALTHUSSER, L. *Marxismo e Humanismo*. In: **Análise Crítica da Teoria Marxista**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1963.

a Ciência é intrinsecamente histórica. Não somente o conhecimento científico, mas também as técnicas pelas quais ele é produzido, as tradições de pesquisa que o produzem e as instituições que as apóiam, *[sic]* tudo isso muda em resposta a desenvolvimentos nelas e no mundo social e cultural a que pertencem. Se quisermos entender o que a Ciência realmente é, devemos considerá-la em primeiro lugar e acima de tudo uma sucessão de movimentos dentro do movimento mais amplo da própria civilização (KNELLER, 1980, p. 13).

No percurso histórico da ciência, a apropriação do conhecimento se estabeleceu de forma bem peculiar, caracterizadas por métodos de construção científica, observados e discutidos por vários filósofos da ciência contemporânea, que por sua vez, ao observar e discutir estes métodos transmitiu seus posicionamentos e suas lentes para a observação do universo.

Este capítulo descreve as correntes filosóficas que permearam a história da ciência, influenciando os seus métodos de construção. Entre as correntes de concepções filosóficas de longo alcance e que têm influenciado o modo de ver e fazer ciência encontra-se aquelas que constituem o Paradigma da Ciência Moderna, denominado por alguns autores como Paradigma Dominante (SOUSA SANTOS, 1988), uma vez que expressa as ideologias de poder e autoritarismo, imbuídas nesse paradigma e validadas pela sociedade.

No segundo tópico desse capítulo, são apresentadas as concepções que estão constituindo um novo paradigma da ciência, cujas bases foram sinalizadas ainda no século XX, e que, possivelmente, fará parte da história do século XXI. Esse paradigma será mencionado durante essa dissertação como Paradigma da Ciência Contemporânea.

As denominações “Paradigma Moderno” e “Paradigma Contemporâneo” são utilizadas nessa dissertação com os significados expressos por Maria Manuel Araújo Jorge (1994):

[...] quando, por exemplo, Michael Foucault fala da presença duma epistémé numa dada época ou Thomas Kuhn refere o <<paradigma>> dominante numa dada fase da história das ciências ou mesmo, quando a escola francesa de historiografia fala de <<mentalidades>>- está-se afinal a detectar a presença de atratores estáveis, nos diferentes cenários culturais (ARAÚJO JORGE, 1994, p.15).

## 1.1 A CONSTRUÇÃO DO PARADIGMA DA CIÊNCIA MODERNA

A ciência construiu sua história permeada por métodos científicos. Os métodos tornaram-se valiosas formas de legitimação da produção de conhecimento da ciência.

Apesar de o método aparecer ainda que de forma insipiente na Grécia Antiga, é no século XVII, mediante acontecimentos como a ruptura hegemônica religiosa e a quebra do modelo geocêntrico, que sua validade e eficácia passam a ser discutidas por filósofos e matemáticos como René Descartes. Nesse período o homem inicia um processo de conscientização de que pela razão pode conhecer o mundo e, portanto, encontra na dúvida o método mais eficaz para desvendar o mundo (BRAGA, GUERRA e REIS, 2004; CHASSOT, 2004). Pela introdução da dúvida como método de legitimação do que é verdade ou não, Descartes revoluciona os campos do pensamento, permitindo com que a ciência, que até então se baseava em qualidades obscuras e duvidosas, se tornasse capaz de reduzir o Universo a coisas e mecanismos mensuráveis (HENRY, 1998).

O método tornou-se uma das formas mais eficazes de produzir conhecimento, entretanto, uma de suas questões paradoxais permeia sobre o fato de utilizar a busca de uma verdade como legitimação por meio da reprodução de experimentos, conjecturas ou refutações. Nessa perspectiva, Karl Popper destaca-se como um dos precursores do método da refutabilidade das teorias ao afirmar que "a ciência é a busca da verdade, pelo que é perfeitamente possível que muitas das nossas teorias sejam de fato verdadeiras. Mas ainda que sejam verdadeiras, nunca poderemos saber com certeza" (POPPER, 1992, p. 48).

Popper demonstra ser possível acreditar na existência de uma verdade e, ao mesmo tempo, não acreditar que seja possível alcançá-la em sua plenitude. Imerso nas idéias de que não há um critério de saber, desenvolve sua teoria de progresso científico fundamentada na idéia de substituição de teorias refutadas por teorias que, em dado momento, melhor explicam os fenômenos da natureza. Por meio deste método acreditava ser possível chegar mais próximo ao saber inatingível. Portanto, para o epistemólogo, a fidelidade de um método correto é imprescindível para alcançar a ciência (POPPER, 1992).

Com semelhante olhar científico, Carl Sagan (1998), também configura o método científico como uma das formas de produção de conhecimento mais bem sucedida, gerando diferentes situações em que o homem pôde superar seus limites e transformar a sua inter-relação com a natureza. Sagan (1998) enfatiza que assim como a extinção de doenças endêmicas, a decodificação genética, dentre outras tantas maravilhas produzidas, tem seu fundamento na produção de conhecimentos científicos, que por sua vez aconteceram a partir de um método científico.

O método propulsionou a ciência uma história bem sucedida, entretanto, autores como Feyerabend (1977), ressaltam que, os métodos e concepções científicas que permearam a ciência, apesar de propiciarem pontos positivos, muitas vezes funcionaram como um muro

limitando os avanços científicos. Outros autores contemporâneos como Lyotard (2006), questionam a legitimação da ciência como método de se aproximar da verdade. Esse autor afirma que a ciência imbuí-se de um discurso baseado em uma pragmática peculiar e eficiente, legitimada por si própria.

"O que eu digo é verdadeiro porque provo; mas o que prova que a minha prova é verdadeira? A solução científica desta dificuldade consiste na observância de uma dupla regra. A primeira é dialética ou mesmo retórica de tipo judiciário: é referente o que pode fornecer matéria comprobatória no debate. Não é isso: posso provar que a realidade é como eu digo; mas, quando posso provar, é permitido pensar que a realidade é como eu digo. A segunda é metafísica: o mesmo referente não pode fornecer uma pluralidade de provas contraditórias ou inconsistentes; ou ainda: 'Deus' não é falacioso" (LYOTARD, 2006, p. 45).

Apesar de olhares divergentes com relação ao método e a ciência, não pode ser negado a eficiência do método na produção de conhecimento científico. Nas palavras de Rorty (1998) a ciência e o progresso científico continuam a se mostrarem capazes de melhorar nas ciências exatas a capacidade de fazer previsões, e ainda de melhorar o homem, no casos das ciências humanas.

Os sub-itens deste tópico buscaram subsídios históricos e filosóficos que influenciaram a formação de um dos paradigmas mais duradouros e persistentes na história da ciência, o Paradigma da Ciência Moderna.

O Paradigma da Ciência Moderna se consolidou com a Revolução Científica entre os séculos XVI e XVIII. Nesse período histórico acontece a queda da ordem feudal representada pelo Absolutismo e, por conseguinte, a consolidação da sociedade capitalista. A classe burguesa em ascensão inicia um processo de valorização da ciência, outorgando-lhe a incumbência de construir novos instrumentos de trabalho. Diante desse novo cenário histórico, a ciência recebe uma forma de validação antes promulgada pela Igreja (HENRY, 1998).

Sobre esse contexto histórico, Régis de Moraes (1983, p. 23) ressalta que “embora a ciência houvesse, de certa forma desmistificado a religião, a humanidade passava a se curvar ante nova deusa: a própria CIÊNCIA”, uma vez que, a ciência começa a deter o poder de legitimar a verdade. Entretanto, não deve ser esquecido que, “a ciência é uma construção humana e, por isto mesmo, traz as glórias e as misérias próprias do ser humano”. Ora, a ciência não é uma entidade, mas formada por várias entidades – os homens.

A pertinência em buscar subsídios que retratem a formação do Paradigma da Ciência Moderna se dá em função desse paradigma se demonstrar ainda bem atuante nas pesquisas

científicas. Esse fato pode ser observado por meio de termos e concepções próprias como um reducionismo e determinismo científico, além da crença em uma linearidade cumulativa na construção dos conhecimentos científicos, característicos de uma visão positivista de ciência, própria do Paradigma Moderno (ZAMBIASI, 2006).

O Paradigma da Ciência Moderna recebeu algumas influências filosóficas que datam desde a Antiguidade, portanto, os sub-itens deste tópico tem como meta retratar não todas, pois seria uma tarefa muito ousada, porém pelo menos, as concepções filosóficas mais salientes ao longo da história, que com suas nuances, participaram ativamente na formação do Paradigma da Ciência Moderna ao longo da história.

### **1.1.1 Concepções Filosóficas e o Método Científico: da Antiguidade ao Indutivismo de Bacon**

Na busca de concepções filosóficas que nortearam o início do pensamento científico da era moderna, destaca-se a civilização da Grécia antiga, cujas características e cultura, distinguiram os gregos dos demais povos da antiguidade. Dentre os fatores que influenciaram o desenvolvimento da ciência e cultura nessa civilização, Chassot (2004) aparta a grande curiosidade intelectual, a ausência de uma organização administrativa religiosa e a tendência à reflexão e argumentação dialética, que os impeliam a contrastar suas idéias com as dos demais povos. Nas palavras do autor, “*Os gregos que ensinaram os ocidentais a raciocinar*”. (CHASSOT, 2004, p.33, grifo nosso).

Não é possível descrever a cultura e ciência grega sem referir-se a Platão (428-348 a.C). Apesar de não ser considerado um lógico, sua grandeza está em colocar algumas questões essenciais que balizam uma parte da ciência contemporânea. Entre essas questões destacam-se: o que é a verdade e como reconhecê-la? Qual a natureza da razão, e de onde vem essa faculdade de deduzir uma verdade a partir de outra? (OMNÈS, 1996).

Platão preocupa-se em distinguir a verdadeira ciência e o verdadeiro conhecimento da mera opinião ou crença. Um dos problemas que, em sua época, o afligiam e, também, a outros filósofos, o fluxo da natureza. Ora, na natureza muitas coisas estão em mudanças constantes, portanto, como explicar os fenômenos naturais se estão em constante mudança?

Na época não havia instrumentos suficientes para, por exemplo, medir a velocidade em que essas mudanças ocorriam. Como o mundo estava em constante mudança, parecia a

alguns filósofos que o mundo não poderia jamais ser objeto de conhecimento científico. Platão busca resolver essa situação afirmando que o homem em seu dia-a-dia estaria em contato permanente com dois tipos de realidade: a inteligível - realidade imutável, e a sensível – realidades dependentes e mutáveis (MICHEL et al, 1959).

Na teoria de Platão existiam dois mundos, o sensível e o inteligível, nos quais reconhece como formas de conhecimento, a opinião e a ciência, mediadas pelos fluentes do sentido e da razão. Nessa perspectiva, considera dois objetos do conhecimento: uma realidade múltipla material, sujeita ao espaço e tempo, objeto da opinião; e a realidade imutável, imaterial e transcendente ao sensível, que dá razão à existência da diversidade das coisas (MORENTE, 1970).

A teoria de Platão supõe a existência de Formas, traduzido em vários momentos por Idéias, as quais são pertencentes, em primeiro momento, ao pensamento, portanto, algo que não pode ser apontado com os dedos. A Idéia consiste em uma forma, “um molde perfeito em que as pequenas idéias podem vir abrigar-se como amostras intercambiáveis de seu modelo divino” (OMNÈS, 1996, p. 32). Para Platão, a diversidade e a mutabilidade das coisas não permitem alcançar uma verdade fixa, necessária e permanente, como exige o conhecimento científico. O que o mundo oferece aos sentidos é falso e ilusório. Portanto, é no lugar inteligível que se encontram as verdades e realidades em estado de pureza. Logo, cada coisa no mundo sensível tem sua Idéia no mundo inteligível. As Idéias são essências existentes das coisas no mundo sensível. O filósofo deixa transparecer em seus escritos que a ciência deve ter por objeto o real, ou seja, as idéias. Nessa perspectiva, o conhecimento consiste em se elevar do mundo sensível à uma intuição intelectual do mundo supra-sensível, composto de idéias (PLATÃO, 1973).

Devido ao fato da interpretação platônica valorizar como verdadeiro o mundo da Idéias, alguns autores caracterizam Platão como um idealista, no entanto, a concepção da filosofia idealista só aconteceu posteriormente. Possivelmente isso aconteça pelo fato do termo idealista ter surgido primeiramente no vocabulário filosófico usado por Leibniz, para comentar justamente Platão (LALANDE, 1996).

De acordo com Japiassú e Marcondes (1991), Platão não era exatamente um idealista, tratava-se de um realismo das idéias. Para o realismo, existe uma realidade exterior e autônoma, independente do conhecimento que se possa ter sobre ela, e o conhecimento verdadeiro seria a coincidência ou a correspondência entre os juízos e essa realidade. Em contrapartida, o idealismo tende a considerar que a realidade cognoscível depende profundamente das idéias, na qual os objetos são fenômenos. No caso de Platão, as idéias

constituem uma realidade autônoma, o mundo inteligível existe por si mesmo, independente do conhecimento ou pensamento humano. O Ser das coisas não está nas próprias coisas, e sim nas idéias. Portanto, conhecer o que existe na realidade exterior implica em alcançar reflexivamente essas idéias.

Todos os posicionamentos idealistas reconhecem o principio espiritual como primeiro, e matéria como secundário. A realidade se forma a partir do sujeito, ou a percepção que se tem sobre realidade, e em última análise, das sensações subjetivas codificadas. Nessa perspectiva, René Descartes (1596-1650), em suas duas primeiras meditações, se caracteriza como um idealista racional, o qual será mencionado no decorrer desse capítulo. Mas será que o mesmo se aplica a Platão? Pelo que se observa em seus diálogos, a Idéia (Forma) tem realidade em si, separada do sujeito, existindo independentemente deste, de modo eterno. Em outras palavras, o filósofo pode elevar os olhos da alma até sair do caos do devir sensitivo e atingir o plano inteligível (OMNÈS, 1996).

Não restam dúvidas que existam divergências entre as concepções realista e idealista, as quais permitiram a formação desses conceitos. Entretanto, o idealismo racional de Descartes, discutido ao longo desse capítulo, traz algumas nuance platônicas em suas discussões. Alguns idealistas do século XIX dirigem-se a Platão como um idealista (TRIVIÑOS, 2006). No entanto, ao longo desse tópico utiliza-se a terminologia realismo das idéias ou realismo platônico, expressa por Japiassú e Marcondes (1991), para se dirigir ao pensamento platônico.

Cabe ressaltar que a busca de uma terminologia para essas concepções torna-se importante para que não haja confusões ao longo do capítulo. Entretanto, o principal enfoque do texto não se concentra nas terminologias, mas demonstração do quanto essas concepções estão impregnadas entre os paradigmas da modernidade e da era contemporânea. Dessa forma, torna-se até perigoso enquadrá-las como pertences à construção de apenas um determinado paradigma, pois na construção de ambos aparecerão vertentes e nuances que datam desde a Antiguidade.

Por meio do pensamento platônico pode ser observado que a valorização ao denominado “mundo percebido” por Moles (1981, p. 6), permeia desde a Antiguidade, recebendo alguns nuances ao longo da história e participando da formação dos paradigmas científicos. Entretanto, cabe ressaltar que, as concepções filosóficas discutidas na Antiguidade influenciaram tanto o Paradigma da Ciência Moderna quanto o Paradigma da Ciência Contemporânea, ainda que, por diferentes vertentes. A concepção relativista e multicausal apresenta uma relação com o mundo sensível, próxima à concepção realista platônica -

características típicas do Paradigma da Ciência Contemporânea. Todavia, o Positivismo, marco do Paradigma da Ciência Moderna, tem entre seus representantes clássicos, linhagens de pensadores Idealistas Subjetivos (discutidos posteriormente), que ao definirem suas concepções, beberam nos rios de conhecimento da Antiguidade (TRIVIÑOS, 2006).

Nos alicerces da construção do conhecimento científico, provenientes dos gregos, outro destaque deve ser dirigido a Aristóteles (384-322 a.C), notável colecionador e sistematizador de conhecimento no mundo antigo. Em sua teoria, Aristóteles considera o pensamento científico como um pensamento em repouso, e caracteriza como finalidade da ciência revelar a *causa* das coisas, estruturando uma ciência baseada na definição e demonstração (MICHEL et al, 1959).

Segundo Chauí (2000), Aristóteles propõe a primeira classificação geral dos conhecimentos ou das ciências, dividindo-as em três tipos: teóricas, práticas e produtivas. Os saberes referentes a todos os seres, todas as ações e produções humanas encontram-se distribuídos nessa classificação, constituindo a ciência mais alta – a filosofia primeira – atingindo o conhecimento das técnicas criadas pelos homens para a fabricação de objetos.

Aristóteles foi discípulo de Platão, dando continuidade ao pensamento realista. Entretanto, discorda, em vários momentos de suas obras, de alguns posicionamentos de seu mestre quanto à ciência, procurando desfazer a dualidade entre o sensível e o inteligível, fundindo esses dois mundos no conceito lato da substância <sup>2</sup>. No mundo sensível cada coisa tem uma existência, uma substância. A consistência da substância se dá por meio do conceito <sup>3</sup>. Os conceitos produzem não as formas ou idéias transcendentais ao mundo físico, como no realismo platônico, mas sim a estrutura inerente aos objetos. No realismo aristotélico a ciência tem por objeto o mundo sensível, onde as formas inteligíveis são extraídas por abstração, sendo que é a partir da realidade que a ciência deve tentar estabelecer definições essenciais e atingir o universal (MORENTE, 1970).

No realismo aristotélico a ciência é baseada no conhecimento dos objetos da natureza, ou seja, a experiência com o mundo sensível - o mundo empírico. Nessa perspectiva, a

---

<sup>2</sup> A substância tem em Aristóteles duas significações, que são empregadas indistintamente. A maior parte das vezes o sentido é o da unidade, que suporta todos os demais caracteres da coisa. Quando num juízo dizemos: esse é tal coisa, Sócrates é mortal, Sócrates é ateniense, etc., dizemos de alguém todas essas coisas. O sujeito da proposição da qual dizemos tudo isto, é a substância. Esses predicados são caracterizados de modo que se faltasse à substância a um deles, ela não seria o que é. Já o grupo de predicados que convém à substância, de tal modo que ainda que algum deles faltasse a substância continuaria a ser aquilo que é, é o *acidente*. O acidente pode ou não pertencer ao sujeito, ligando-se a ele de forma contingente. O outro sentido que, às vezes, Aristóteles dá à palavra “substância”, e que é considerado o sentido lato, é o da totalidade da coisa, com seus caracteres essenciais e acidentais (MORENTE, 1970).

<sup>3</sup> O conceito é a representação mental da coisa, o resultado de uma intuição intelectual.



apropriação do conhecimento científico consiste em partir da observação de casos particulares e suas características, por um processo de abstração, procurando o elemento que todos têm em comum. Esse método foi denominado de indução, no qual, chega-se ao universal por meio dos casos particulares. Para Aristóteles trata-se da maneira mais correta para se chegar à ciência (MICHEL *et al*, 1959; SMITH, 1996).

Apesar de Aristóteles ter considerado que “uma ciência é mais exata e anterior quando conhece ao mesmo tempo ‘o que’ e o ‘porque’ (ARISTÓTELES, 1987, p. 95) – sendo ‘o que’ obtido pela sensação, por meio da observação do particular, numa visão empírica; e o ‘porque’ obtido, pela demonstração, aspecto lógico do conhecimento – no processo de abstração aristotélico ‘o que’ se distancia cada vez mais do ‘porque’. De acordo com Cassirer (1953 *apud* MENEGHETTI, 2004), esse processo pode ser caracterizado mediante os seguintes passos: (I) o ponto inicial é a realidade; a partir da base faz-se abstrações levando em consideração as características comuns dos objetos; (II) a elevação de um nível para o seguinte posterior se dá mediante o abandono de determinadas características, ou seja, os objetos são agrupados a partir de suas classes de equivalências; (III) o conceito genérico é o supremo da pirâmide; diz respeito à representação abstrata da coisa, que são todas as determinações nas quais os objetos estão de acordo.

No processo de abstração aristotélico aparece como métodos utilizados a descrição e a observação. Essa metodologia foi largamente usada por Aristóteles, principalmente no que tange as ciências e fenômenos naturais. Nas classificações realizadas por Aristóteles para os seres vivos aparece nitidamente essa metodologia, onde o filósofo utiliza sistematizações de suas observações naturalista, baseada em espécies e classes (DANHONI NEVES, 2006; SMITH, 1996).

Outro ponto a ser retratado em Aristóteles consiste na Lógica (Aristóteles a denomina de Analítica), considerada acima das Ciências e distinguida como o estudo dos processos do pensamento no ato de atingir e compreender a natureza das coisas, que tem por finalidade instituir a teoria da demonstração (HORTA BARBOSA, 1963).

Conforme Chauí (2000), Aristóteles idealiza a lógica, não como uma ciência teórica, nem prática ou produtiva, mas um instrumento para as ciências. Devido a este fato, o conjunto das obras lógicas aristotélicas recebeu o nome de *Órganon*, palavra grega que significa instrumento. O objeto da lógica é a proposição, que exprime, pela linguagem, os juízos formulados pelo pensamento, estudando os elementos que constituem uma proposição (as categorias). Dessa maneira, os tipos de proposições e de silogismos, bem como os princípios

necessários a que toda proposição e todo silogismo devem obedecer para serem verdadeiros (princípio da identidade, da não-contradição e do terceiro excluído).

Aristóteles mostra como, mediante cálculos lógicos (Silogismos), se deduzem de uma idéia, ou ainda de um princípio intuitivo conseqüências necessárias, isto é, verdades incontestáveis. Mas, como explicar ou justificar esses princípios? Abstratos e lógicos, sem relações perceptíveis com a experiência, tais princípios não podem bastar à demonstração de verdades físicas. Este é o problema da validade de coexistência da indução e dedução, ou seja, da passagem dos casos particulares ao geral e, inversamente, do geral aos particulares (HORTA BARBOSA, 1963).

O silogismo se baseia em um método dedutivo, um método de raciocínio lógico que pressupõe existir proposições universais, pré-determinadas, que servem de premissas básicas para se chegar à verdade nos casos específicos e particulares. Partindo de tais premissas o método dedutivo termina em uma conclusão. Entre as premissas e a conclusão há um número de afirmações intermediárias, que são questionadas até que se assegure ou não, a sua aceitabilidade. Por meio das afirmações que são aceitas, chegar-se a uma conclusão final. A dedução finda com a elaboração de um argumento plausível (HORTA BARBOSA, 1963; HEGENBERG, 1995).

Chassot (2004) destaca que Aristóteles foi o personagem que por mais tempo, em todo o mundo, influenciou no “fazer filosofia” e no “fazer ciência” da humanidade. Desde o seu tempo até o Renascimento cultural na Europa Moderna, século XVI, apesar de muitos homens terem feito apreciáveis avanços no conhecimento, não houve nenhum outro que tivesse reunido, de uma maneira tão sistemática e harmônica, os conhecimentos até então produzidos.

A filosofia da Antiguidade Clássica ganha contornos judaico-cristãos, esboçados a partir do século V, quando se sente a urgência de mergulhar mais fundo em uma cultura espiritual que estava se desenvolvendo rapidamente, para assim imprimir a estes princípios religiosos um caráter filosófico, inserindo o Cristianismo no âmbito da Filosofia. Destas tentativas de racionalização do pensamento cristão surgem os dogmas católicos, os quais infiltram na mentalidade clássica dos gregos conceitos como ‘providência’, ‘revelação divina’, entre outros. Nesta perspectiva, por volta do século IX, surge a Escolástica, escola filosófica cristã que perdurou até o fim do século XVI. Entre seus objetivos estava a busca em resolver, a partir do dogma religioso e mediante um método especulativo, problemas como a relação entre fé e razão, desejo e pensamento e a harmonização dos ideais platônicos com fatores de natureza espiritual, à luz do cristianismo vigente no Ocidente (ARRUDA, 1989; ANDRADE, 1999).

A escolástica atravessou permanentemente dois universos distintos – a fé herdada da mentalidade platônica e a razão aristotélica contemplada no pensamento cristão de Tomás de Aquino. Em busca de respostas mais apropriadas, Tomás de Aquino ao buscar por respostas mais apropriadas, acreditava na independência da esfera racional, de modo a não rejeitar a prioridade da fé em relação à razão.

Esta escola filosófica foi profundamente influenciada pela Bíblia Sagrada, pelos filósofos da Antiguidade como Aristóteles e também pelos Padres da Igreja, escritores do primeiro período do cristianismo oficial, que detinham o domínio da fé e da santidade (CHAUÍ, 2000).

Os primeiros anos da Idade Moderna, século XVII, foram marcados pela crítica – iniciada pelos humanistas - aos diversos âmbitos característicos do período medieval, dentre eles, o sistema filosófico Escolástica (ARRUDA, 1989; SEVCENKO, 1984). Racionalistas, estes filósofos não acreditam na possibilidade da obtenção da verdade por meio da percepção, optando, portanto, pela lógica em detrimento da experimentação em seus métodos de conhecimento (COSTA & MELO, 1993).

A partir do século XV, a filosofia realista e seus contornos judaico-cristãos entram em crise. Isto se deu devido aos seguintes fatos: a destruição da unidade religiosa – advento do protestantismo, que leva a uma mudança de atitudes nos espíritos; a descoberta da Terra - apoiada no fato de o planeta ser redondo; e a descoberta do céu – quebra do geocentrismo (CHASSOT, 2004).

Em decorrência dessa crise, origina-se um cenário completamente diferente, caracterizado pela precaução e cautela nos métodos de produção de conhecimentos. Mas em que consiste essa cautela? Ora, a derrubada do realismo aristotélico e o início do pensamento moderno trouxe a necessidade de uma teoria do método, uma teoria do conhecimento que valide a verdade. Na busca por um método que evite os erros provocados pelo realismo aristotélico judaico-cristão, destacam-se Francis Bacon (1561-1626) e Renée Descartes (1596-1650). De modo divergente, esses pensadores idealizam metodologias voltadas para os acertos, seja pela experiência ou pela dúvida.

A ciência moderna foi marcada por revoluções científicas, ocorridas entre os séculos XVI e XVIII. Nesse momento, acontece a substituição de uma atitude predominantemente instrumentalista<sup>4</sup> no que se refere à representação matemática de mundo, para uma

---

<sup>4</sup> Os instrumentalistas acreditavam que as teorias derivadas da matemática eram propostas de maneira apenas hipotética, para facilitar cálculos e previsões matemáticas (HENRY, 1998, p. 20).

perspectiva mais realista<sup>5</sup>. Para tanto, a análise matemática se revela como uma das formas de compreender como as coisas devem ser, de modo que, “se os cálculos funcionavam, devia ser porque a teoria proposta era verdadeira, ou muito aproximadamente verdadeira” (HENRY, 1998, p. 21).

Nesse período, torna-se proeminente a questão do estatuto epistemológico das hipóteses que postulam entes e mecanismos inobserváveis, sendo empregadas amplamente na explicação dos fenômenos naturais (CHALMERS, 1993). Por outro lado, a epistemologia empirista, geralmente adotada desde então para a análise da ciência, parecia invalidar seu uso. George Berkeley (1685-1753) propôs em sua época algumas soluções para essa tensão. Em sua obra, *Princípios do Conhecimento Humano* (1710) introduz uma nova noção de explicação científica, segundo a qual a ciência poderia prescindir de hipóteses sobre qualquer inobservável. Entretanto, é em sua obra *De Motu* que acomodando epistemologicamente a mecânica newtoniana, propõe uma interpretação instrumentalista das hipóteses sobre forças.

Nesse tratado, Berkeley se dirige também aos filósofos da época, afirmando que a demonstração matemática não se detém ao papel de esclarecer as formas de tudo ou propor verdades. Berkeley afirma que tais demonstrações tinham à tarefa de explicar fenômenos, assegurando que “estar a serviço do raciocínio e das demonstrações matemáticas é uma coisa, outra é descrever a natureza das coisas” (BERKELEY, 2006, p. 120). Para Berkeley, explicar um fenômeno consiste simplesmente em identificar uma lei natural a qual esteja subsumido, assegurando que, a explicação dos fenômenos consiste unicamente em mostrar a conformidade de um fenômeno particular em relação às leis gerais da Natureza.

Apesar de imaterialista, Berkeley afirma que suas concepções não implicam na irreabilidade do mundo físico, salientando que mesas e cadeiras, planetas e estrelas têm existência tão real e objetiva quanto o homem comum ou o filósofo realista não-berkeleyano supõem. O que muda é a base metafísica de sua existência, não sua existência mesma. Além disso, o acesso epistêmico a esses objetos é, para Berkeley, tão trivial quanto assume o homem comum, que crê percebê-los diretamente pelos sentidos (BERKELEY, 1975).

Nessa atmosfera, compara os vários casos em que os filósofos pensam dar conta das aparências:

[...] mesmo os homens mais notáveis, **quando cedem lugar à abstração, obrigam-se a buscar termos que não possuem significado certo e que não passam de meras sombras do maquinário escolástico.** Diversas

---

<sup>5</sup> Os realistas, em contraposição aos instrumentalistas, insistiam em que a análise matemática revelava como as coisas deveriam ser; se os cálculos funcionavam, devia ser porque a teoria proposta era verdadeira, ou muito aproximadamente verdadeira (HENRY, 1998, p. 21).

outras passagens dos escritos de autores mais jovens poderiam ser apresentadas de modo a fornecer **evidência copiosa de que as abstrações metafísicas, não exatamente em todas as partes, têm dado lugar à ciência e aos experimentos mecânicos, mas ainda produzem problemas inúteis para os filósofos** (BERKELEY, 2006, p. 117, grifo nosso).

Apesar dos Tratados berkelyanos, datados do início do século XVIII, trazer discussões sobre as validações mensuráveis matemáticas, deve ser ressaltado que o desenvolvimento da metodologia da ciência abrange o início da constituição da Revolução Científica. Os rumores de mudanças de valores, pautados na quebra da hegemonia cristã e na ruptura do modelo geocêntrico, iniciam-se no século XVI. Nas palavras de Chassot (2004, p. 136) nesse período “[...] paradigmas tidos quase como imutáveis são rompidos. Isso ocorre porque regras e verdades são violadas”.

Chassot (2004) contextualiza as mudanças paradigmáticas desse período pela migração do geocentrismo para o heliocentrismo, onde ocorrem as rupturas com o senso comum e o fundamentalismo religioso oriundos da filosofia Escolástica (HENRY, 1998). Entretanto, esse período também é marcado pela busca de um método eficaz para a ciência legitimar suas descobertas. Nessa perspectiva, Francis Bacon (1561-1626), filósofo inglês, é um dos primeiros a tentar articular o que seria o método na ciência moderna (BRAGA, GUERRA, REIS, 2004). Baseado na investigação e na experimentação concebe que para se compreender a natureza deve-se consultá-la e “não os escritos de Aristóteles” (CHALMERS, 1993, p. 23). Dedicou-se a filosofia, tornando-se um dos críticos da Escolástica, do silogismo aristotélico e da concepção de conhecimento contemplativo defendida pelos gregos (ANDRADE, 1999).

No início do século XVII, Bacon propõe que a meta da ciência é o melhoramento da vida do homem na terra, podendo tal meta ser alcançada pela coleta de fatos por meio da observação organizada, seguida da experimentação e elaboração de teorias (CHALMERS, 1993). Para o filósofo, as concepções de ciência anteriores são contemplativas, preocupando-se somente com a observação passiva, classificação e descrição sistemática dos fenômenos naturais (SMITH, 1996). Em sua obra *New Organon* (1620) - proposta para substituir a lógica do *Organon* de Aristóteles, Bacon codifica e formaliza as bases da autoridade filosófica natural, elevando a lógica indutiva acima da dedutiva (HENRY, 1998).

A crítica de Bacon às formas de conhecimento, ainda em vigor de forma predominante em sua época, apóia-se principalmente no diagnóstico utilitarista de que elas são incapazes de produzir resultados que podem auxiliar os homens na obtenção de melhores condições de vida (ANDRADE, 1999).

Bacon diagnostica três causas responsáveis pelo estado de estagnação no qual a ciência se encontrava: o pouco tempo dedicado às ciências, a negligência com as ciências naturais e a ausência de metas direcionadoras à produção de conhecimento. Para tanto, propõe que se instaure uma nova forma de fazer ciência, chamada de Interpretação da Natureza (ANDRADE, 1999). Enfatiza que esta reforma visa a substituição radical dos métodos empregados até o momento, de modo a não ocorrer a manutenção de quaisquer aspectos dos modelos antigos, entendidos como estéreis (BACON, 1999).

A nova forma de investigação proposta por Bacon torna-se conhecida por método indutivo, que consiste em obter, por meio de observações e experiências, dados que possibilitassem a formulação progressiva de leis gerais a respeito do funcionamento da natureza, partindo de fatos particulares para as leis gerais. Esse método pressupõe e depende da observação e da experiência, uma vez que é a partir delas que conclusões a respeito do funcionamento da natureza são formuladas e colocadas a teste. Portanto, é necessário que o cientista interfira na natureza, observando-a de modo a obter dados por meio da manipulação das variáveis componentes dos fenômenos para só então formular suas teorias sobre o funcionamento da natureza (ANDRADE, 1999).

Nas palavras de Bacon (1999),

[...]. Os homens, até agora, pouco e muito superficialmente se têm dedicado à experiência, mas têm consagrado um tempo infinito a meditações e divagações engenhosas. Mas se houvesse entre nós alguém pronto a responder às interrogações incitadas pela natureza, em poucos anos seria realizado o descobrimento de todas as causas e o estabelecimento de todas as ciências. (BACON, 1999, p. 85, aforismo CXII).

Bacon acredita estar a cargo do cientista o controle e o rigor que devem ser estabelecidos durante a realização das observações e experiências para que as leis gerais derivadas sejam seguras e não obtidas de modo precipitado. Tais medidas, adicionadas à possibilidade de replicação dessa experiência por outros cientistas, garantem, segundo o filósofo, a validade científica dessas leis (ANDRADE, 1999).

De acordo com sua teoria, o método indutivo deve ser utilizado como critério de demarcação entre o que é científico e o que não sé, isto é, proporciona um sinal diferenciador do caráter empírico voltado à explicação de fenômenos naturais. Portanto, este método protege a ciência de critérios subjetivos como a tradição, conjectura, ideologia ou emoção. Enquanto várias hipóteses sobre causas inteligíveis subjacentes ocasionaram apenas controvérsia e conflito na filosofia natural, o método de Bacon de coletar fatos para

estabelecer empiricamente a realidade de qualidades ocultas, mostrando-se útil aos objetivos de cientistas que buscavam apresentar uma filosofia natural capaz de sanar divergências e receber assentimento geral (HENRY, 1998).

Embora Bacon, nunca tenha conseguido articular completamente seu novo método, foi capaz de convencer alguns filósofos naturais da geração subsequente de que o método experimental pode ser usado para sancionar o uso de qualidades ocultas em explicações científicas. A chamada filosofia experimental, tal como foi desenvolvida na Inglaterra, permite o uso de fenômenos físicos inexplicáveis ou ainda não explicados, contanto que seus efeitos possam ser evidenciados por meios experimentais. Essa tradição baconiana pode ser vista na confiante refutação, por Newton, da acusação de Leibniz de que seu princípio de gravitação é uma “qualidade oculta escolástica” (HENRY, 1998, p. 64). Para Newton, embora sua causa permanecesse oculta, a gravidade pode ser considerada uma qualidade manifesta, por causa da experiência diária que temos dela e devido à análise matemática precisa que ele desenvolveu de suas operações (HENRY, 1998).

### 1.1.2 Os problemas da indução

O método indutivo de Bacon recebeu críticas de vários filósofos, entre eles, David Hume (1711-1776) e Bertrand Russel<sup>6</sup> (1872-1970). Hume foi um dos representantes clássicos do Idealismo Subjetivo<sup>7</sup>, rejeitando o princípio da indução ao conceber que não é possível demonstrar logicamente a sua validade, a não ser pela utilização da própria argumentação indutiva, o que se configura em um círculo vicioso inadmissível. Defende que a indução se baseia na repetição revestida de explicações psicológicas e afirma que a inferência não é intuitiva nem demonstrativa e sim experimental. Com tais críticas criou dificuldades para o pensamento racional do século XVIII, baseando sua filosofia no empirismo e conduzindo a um verdadeiro ceticismo. Hume torna-se o pai do ceticismo moderno e todos os

---

<sup>6</sup> Russel aceita a indução como um procedimento que, se não pode ser demonstrado logicamente válido, também não pode ser provado inválido; sua posição é, pois pragmática e merece destaque em três pontos: i) a indução foi e é praticada por todas as pessoas no seu dia-a-dia; ii) a indução se fundamenta numa crença a priori na validade de seu princípio, sendo, pois, por analogia, um tipo de conhecimento sintético a priori; iii) não havendo como provar a validade lógica da indução, pode-se, entretanto, atribuir às conclusões obtidas certo grau de probabilidade (BARRETO, 1993).

<sup>7</sup> Para os idealistas subjetivos a única realidade seria a consciência do sujeito, ou seja, o conjunto de suas sensações, vivências, estados de ânimo e ações (TRIVIÑOS, 2006, p. 19)

filósofos que lhe sucederem consideram suas objeções sobre a possibilidade de se justificar racionalmente as inferências indutivas (HUME, 2002; CHALMERS, 1993).

Apesar das críticas sobre o método da indução de Bacon, não se pode deixar de destacar o quanto este filósofo contribuiu para a evolução do pensamento científico ao criticar métodos anteriores. Apresentou um novo modo de estudar a natureza que deixou marcas. Muitos dos que no século XVII trabalharam com a ciência assumiram o caminho de investigação da natureza apontado por ele, libertando-se das autoridades intelectuais passadas (BRAGA, GUERRA, REIS, 2004).

### **1.1.3 Descartes: o idealismo racional e a analogia mecânica**

A busca de um método para construir um conhecimento eficaz a respeito da natureza, longe das tradições do passado, foi também uma preocupação do filósofo francês René Descartes (1596-1650). Assim como Bacon, defende ser verdadeira a ciência útil à humanidade. No entanto, as propostas de reforma da filosofia natural de Bacon e Descartes são distintas. Bacon prioriza as investigações experimentais, ao passo que Descartes, idealiza uma metodologia voltada para a dúvida, assumindo como conhecimento seguro aquele fundamentado no pensamento racional abstrato da matemática, de forma que todas as proposições e teorias devem estar de acordo com o raciocínio da lógica (BRAGA, GUERRA, REIS, 2004; PRICE, 1976; OMNÈS, 1996).

Antes de caracterizar o método de Descartes, deve ser lembrado que esse período preconizou a Revolução Científica, que por sua vez, assistiu a uma mudança drástica nas concepções da análise matemática da natureza e nas atitudes relacionadas a ela. No Renascimento, a filosofia natural e as disciplinas matemáticas já haviam iniciado suas reformas. Entretanto, para que o aristotelismo escolástico fosse completamente substituído foram necessários outros acontecimentos. A filosofia natural escolástica era um sistema completo, aparentemente capaz de dar conta da maior parte das questões relativas ao mundo físico. A unidade essencial da abordagem à natureza do mundo físico, do macrocosmo ao microcosmo, era vista como uma prova inabalável da verdade do sistema aristotélico (HENRY, 1998).

A unidade aristotélica começou a romper-se durante o Renascimento, o resultado disso foi uma tendência geral entre os intelectuais de remendar o velho sistema e manter-se fiel à



ele. Esse comportamento entre os intelectuais é um tanto compreensível, pois o sistema em voga tratava-se ao que Kuhn (1998) caracteriza como paradigma<sup>8</sup> em vigência, portanto, romper com o velho sistema em questão, significa romper com um paradigma que resolve muitos problemas e traz muitas respostas funcionais à determinado contexto histórico. Normalmente uma comunidade científica, por exemplo, resiste muito em romper com seu paradigma, sendo que, a primeira tentativa ao observar certos problemas em seu paradigma é de trazer soluções paralelas que não atinja o cerne do paradigma. No caso do sistema aristotélico, o resultado foi uma proliferação de refinamentos aristotélicos, reelaborações e reinterpretções da escolástica tradicional (HENRY, 1998).

Enquanto muitos demonstravam satisfação com esse panorama, havia outros que exigiam um novo sistema filosófico, capaz de substituir o sistema aristotélico por completo. Nesse contexto, Descartes se destaca por utilizar a dúvida como um método de validade. Ao buscar uma verdade primeira, da qual não se pode duvidar, Descartes encontra-a em seu próprio pensamento, adotando como primeiro princípio filosófico o célebre “Penso, logo existo” – para o qual argumenta: “[...] pelo fato mesmo de eu pensar em duvidar da verdade das outras coisas, concluía-se de forma evidente e certa que eu existia [...]” (DESCARTES, 1989a, p. 56).

Partindo dessa certeza primeira, Descartes constrói toda a sua filosofia, tomando por regra geral que somente as coisas concebidas pelo homem de modo claro e distintamente são verdadeiras, com isso busca eliminar do universo a qualidade, deixando apenas a quantidade, extraíndo do eu um mundo de pontos e figuras geométricas. Dessa maneira, sua intenção mostra-se em reduzir gradativamente as proposições complicadas e obscuras a proposições mais simples para, em seguida, partir da mais simples das intuições para elevar-se, pelos mesmos degraus, ao conhecimento de todas as outras (MENEGHETTI, 2004).

No método de Descartes as únicas fontes de conhecimento são a intuição<sup>9</sup> e a dedução<sup>10</sup>, ambas compreendidas como operações do entendimento humano. A intuição intelectual é utilizada por Descartes, não apenas para se adquirir a certeza das coisas mais

---

<sup>8</sup> Um paradigma é composto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas para a sua aplicação adotadas por uma comunidade científica específica. Os que trabalham dentro de um paradigma praticam aquilo que Kuhn chama de ciência normal (CHALMERS, A.F. O que é ciência afinal? Tradução Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1995).

<sup>9</sup> Por intuição intelectual Descartes entendeu o conceito da mente pura, que nasce penas da luz da razão e na qual não se propaga nenhuma dúvida.

<sup>10</sup> A dedução foi compreendida como aquilo que se conclui necessariamente de outras coisas conhecidas com certeza (DESCARTES, 1989b, PP. 78 e 81).

simples, como também para se ter uma compreensão clara e distinta de cada passo da dedução. Para Descartes os primeiros princípios somente podem ser conhecidos pela intuição, ao passo que, as conclusões distantes só se concretizam pela dedução (DESCARTES, 1989b).

Para Descartes somente das coisas simples e absolutas que se pode ter uma experiência certa, fato pelo qual refuta a experiência como fonte de conhecimento (DESCARTES, 1989b). Diante de tal concepção busca fundamentar a ciência em princípios lógicos e racionais (MENEGETTI, 2004), sendo caracterizado por muitos autores como um idealista racional.

No que se refere às divergências entre Descartes e Bacon, Omnès (1996), retrata que:

Descartes opõe-se a Bacon sobre um ponto essencial: sem negar a imperiosa necessidade de observação, ele não deixa de afirmar que o principal fundamento do empreendimento científico é o raciocínio dedutivo. Sabe de que está falando enquanto geômetra, mas é toda a filosofia que ele pretende fundamentar na razão humana, como na única base segura o bastante para que possamos [*sic*] compreender a natureza e o homem (OMNES, 1996, p. 89).

Descartes sistematizou sua proposta racional, em um período em que a Revolução Científica assistiu a uma mudança drástica nas concepções da análise matemática da natureza e nas atitudes relacionadas a ela. A análise matemática que absorvia influência instrumentalista<sup>11</sup> recebeu uma perspectiva mais realista (HORTA BARBOSA, 1963).

Para Descartes as ciências são múltiplas, porém, o método inerente às ciências é único. Esse método espelha o acordo fundamental que Descartes defende entre as leis matemáticas e as da natureza. Portanto, para se estudar a natureza, deve-se seguir o caminho da matemática, partindo de simples intuições, progredindo por meio de deduções, do mais simples ao mais complexo teorema (BRAGA, GUERRA, REIS, 2004; HENRY, 1998; PRICE, 1976).

Descartes propõe que a chave para a compreensão do universo é a sua estrutura matemática. Seu método consiste em subdividir qualquer problema aos níveis mínimos, separando como peças que constituem um relógio, reduzindo tudo até seus componentes fundamentais para, a partir desse nível, se perceber suas relações. Esta ênfase em um método analítico torna-se uma característica essencial do moderno pensamento científico. Seu método ao ser tomado como um dogma levou à atitude generalizada de reducionismo em ciência - a crença de que a compreensão de partes que constituem um todo (sem levar em conta inter-

---

<sup>11</sup> Instrumentalistas: acreditavam que as teorias derivadas da matemática eram propostas de maneira apenas hipotética, para facilitar cálculos e previsões matemáticas;

influências ambientais ou não lineares) podem ser adquiridas plenamente pela análise (HENRY, 1998, PRICE, 1976).

Durante a Revolução Científica alguns fatores como os avanços da tecnologia e a crescente familiaridade com máquinas desencadearam uma filosofia mecanicista que explica tudo de forma racional. Como um dos expoentes desta filosofia, Descartes propõe, tanto na área da astronomia como na área da biologia, relações de familiaridade entre o homem, certas máquinas e dispositivos mecânicos (PRICE, 1976; RONAN, 1987).

Neste período havia um grande fascínio por relógios e outros autômatos, ou seja, por quase todos os tipos de máquinas, fato que contribuiu para que Descartes afirmasse que todos os organismos, à exceção dos seres humanos, são nada senão máquinas. Declarou que os animais não eram nada mais que autômatos, contribuindo para o chamado processo de desencantamento do mundo (JACOB, 1985; MAYR, 2008).

Entre os objetivos da ciência de Descartes está o uso de seu método analítico para formar uma descrição racional completa de todos os fenômenos naturais em um único sistema preciso de princípios mecânicos regidos por relações matemáticas. Seu método de raciocínio e as linhas gerais da teoria dos fenômenos naturais embasaram o pensamento científico ocidental por três séculos (DANHONI NEVES, 2005).

Em suas formas mais restritas a filosofia mecânica caracteriza-se por um conjunto limitado de princípios explanatórios. Todos os fenômenos devem ser explicados a partir de conceitos empregados na disciplina matemática da mecânica: forma, tamanho, quantidade e movimento. A filosofia mecânica vê o funcionamento do mundo natural por analogia com o maquinismo, no qual a mudança é ocasionada pelos engates entre os corpos, como as rodas dentadas do relógio, ou por impacto e transferência de movimento de um corpo para outro (PRICE, 1976).

É um tanto difícil compreender por que o conceito de organismo como máquina obteve uma popularidade tão duradoura. Afinal, conforme Mayr (2008), “nenhuma máquina jamais se construiu sozinha, replicou-se, programou-se ou foi capaz de buscar a própria energia. A semelhança entre um organismo e uma máquina é por demais superficial” (MAYR, 2008, p. 22).

Apesar das dificuldades insuperáveis envolvidas na explicação das extraordinárias complexidades das coisas vivas em termos mecânicos, a filosofia mecânica é muito influente, podendo-se dizer que a visão de mundo contemporânea está fortemente influenciada pela noção mecanicista. Nesse aspecto, a fisiologia mecânica de Descartes pode ser considerada como a origem das ciências biomédicas modernas. Esse quadro tornar-se parte do Paradigma

Moderno nas ciências, passando a orientar a observação e produção científica até que a física do século XX veio questionar seus pressupostos mecanicistas básicos (HENRY, 1998).

O rápido desenvolvimento da física levou a Revolução Científica um passo adiante, transformando o mecanicismo um tanto genérico do período anterior em o chamado fisicalismo mais específico, baseado em leis concretas sobre o funcionamento dos céus e da Terra. Esse movimento busca fornecer uma explicação natural dos fenômenos físicos e eliminar, dessa forma, grande parte da confiança no sobrenatural que antes era aceita por quase todas as pessoas (MAYR, 2008).

Os precursores do fisicalismo trouxeram grandes contribuições na fisiologia, como a eliminação da conotação de calor animal e desfazendo boa parte do mistério da fisiologia nervosa ao produzir uma explicação física (elétrica) para o funcionamento dos nervos. Outro exemplo de benefícios deste movimento se deu com a invenção de instrumentos para fazer medições precisas pelos fisicalistas Helmholtz, DuBois-Reymond e Ludwing, permitindo descartar a existência de uma força vital, ao mostrar que o trabalho pode ser convertido em calor sem deixar resíduos (MAYR, 2008).

No século XVII, a biologia começa a avançar seus passos como ciência, devido ao progresso da química e física, uma vez que a própria invenção do microscópio que se deu neste século, resultou do aperfeiçoamento de lentes, graças à física. Neste contexto, surge como forma de revolta ao fisicalismo, um movimento chamado vitalismo. Os vitalistas resistem à doutrina de que o animal não seja nada senão uma máquina e de que todas as manifestações da vida possam ser explicadas como sendo a matéria em movimento. Para os vitalistas, a vida está conectada a uma substância especial (que eles chamavam de protoplasma), que não pode ser encontrada na matéria inanimada, acreditando assim que as ciências físico-químicas não estejam equipadas para essa análise (MAYR, 2008).

Em se tratando de método científico, evidencia-se que apesar do movimento vitalista resistir à relação reducionista homem-máquina, o método de investigação dominante no século XVII é a experimentação apropriada pelo fisicalismo. Devido ao experimento ser tão valorizado, os fisicalistas, pejorativamente, denomina de ciências descritivas às ciências que não se apóiam na experimentação, ou seja, a ciência observacional. No entanto, não se deve negar que mesmo durante a Revolução Científica a observação teve um papel decisivo no avanço da ciência. As generalizações cosmológicas de Copérnico, Kepler e, em sua maior parte, de Newton basearam-se em observação ao invés de experimentos em laboratórios (MAYR, 2008).

No século XIX, Leibig foi um dos primeiros cientistas proeminentes a repudiar o inducionismo de Bacon. Entre seus argumentos está o fato de acreditar que a indução por si só não é capaz de gerar novas teorias. Suas críticas incisivas permitiram considerar um indutivista como um ‘coleccionador de selos’. No entanto, os críticos dessa abordagem empírica devem observar que o que deve ser criticado não é a coleta de fatos em si, mas a maneira como esses fatos são interpretados e utilizados na formação de novas teorias (MAYR, 2008).

Não restam dúvidas de que, conforme mencionado anteriormente, a ciência sofre a interpretação das várias lentes de seus cientistas. Kuhn, ao responder algumas críticas ao epistemólogo da ciência Popper, retrata bem a questão das lentes, ou seja, do olhar que cada comunidade científica, e, por conseguinte, seus cientistas têm: “Como poderei ensiná-lo a usar meus óculos quando ele já aprendeu a olhar através dos seus para tudo o que possa apontar?” (KUHN, 1979, p.8). Portanto, se em cada momento da história da ciência cada comunidade científica tem o seu olhar, a sua lente de construção científica, o que se pode esperar de comunidades distintas em períodos históricos também distintos? Vale, porém, despertar para o fato de que ao longo da construção da ciência essas concepções filosóficas permearam seus métodos, portanto, participam de forma sutil ou contundente da ciência contemporânea e da formação do Paradigma da Ciência Moderna.

As concepções filosóficas e os métodos científicos datados desde a Grécia Antiga e suas nuances de realismo, passando pelo idealismo racional de Descartes e a indução baconiana, trouxeram pontos positivos e também limitações na maneira de construir ciência. Conforme MAYR (2008), a construção da biologia tem fortes marcas do método científico inducionista. Em contrapartida, o autor retrata que quando a indução tornou-se moda na Inglaterra do começo do século XIX, Charles Darwin revelou-se ser um verdadeiro seguidor de Bacon. No entanto, Darwin não só adota uma abordagem evolutiva hipotética-dedutiva, como provoca uma ruptura paradigmática na biologia de seu século, rompendo radicalmente com a visão internalista da época, alinhando uma teoria em que tanto as forças internas quanto externas desempenham seu papel, ainda que de forma assimétrica e aleatória (LEWONTIN, 1997).

#### **1.1.4 Algumas considerações sobre o empirismo de Locke e as vertentes idealistas e materialistas**

Conforme comentado no sub-item anterior, Descartes se caracteriza como um dos expoentes do racionalismo na era moderna, posicionando como fontes do verdadeiro conhecimento na razão, ao invés das subjetivas impressões sensoriais. Apesar de a caracterização idealista ter suas origens na Idade Moderna, algumas nuances do racionalismo de Descartes datam desde os gregos, pelos filósofos da escola eleática, como Parmênides, alguns pontos de Platão e dos atomistas gregos.

Neste tópico, portanto, serão realizadas algumas considerações sobre outra concepção filosófica, o empirismo. Essa vertente sustenta que o conhecimento se baseia e se adquire através do que se apreende pelos sentidos. Para tal concepção, além dos sentidos “externos” (visão, audição, tato, olfato e paladar) admite-se a participação de um sentido “interno” (introspecção), que informa o homem acerca de seus sentimentos, estados de consciência e memória. Assim como o racionalismo, essa concepção filosófica tem suas raízes na Grécia Antiga, entre os filósofos da tradição jônica, cujo principal representante foi Protágoras. Com a revolução científica do século XVII, essa doutrina ganha novo ímpeto, tendo como um de seus expoentes John Locke (1632-1704).

Para Locke, o tema, fundamental da filosofia restringe-se à discussão sobre o incognoscível, uma vez que a existência de algo não pode ser dada apenas por consenso, pelo acordo de opiniões dando-lhe subsistência. Para ser lei na mente, algo se determina sensivelmente, embora nem todo o conhecimento se inicie apenas pela sensação. Nessa perspectiva, conhecer é aprender com o exercício do conhecimento na experiência. Enquanto Bacon se preocupa em buscar o mais perfeito uso do intelecto obtendo-a como antecipação, Locke toma para si o projeto de amadurecer demonstrações sobre a mente em si, verificando seus limites e amplitude, deixando o objeto em prol da análise vertical sobre o potencial cognitivo no sujeito.

Em sua teoria empírica, Locke afirma que todas as pessoas nascem sem saber absolutamente nada e que aprendem pela experiência, pela tentativa e erro. Não obstante, Locke defende que o homem possui faculdades inatas - que não derivam da experiência - como o entendimento e a vontade. Nessa visão, o entendimento, como faculdade inata, possibilita a organização de idéias simples que têm origem na experiência e, a partir delas, a constituição de idéias complexas. Apesar de Locke ser considerado um empirista, uma vez

que reduz a origem do conhecimento à experiência, não se trata de um empirista ingênuo. Nesse prisma, Locke apresenta uma visão racionalista empírica, pois retrata o conhecimento como resultado da correlação entre a razão – organizadora, e a sensibilidade - fornecedora de materiais (AYERS, 1999).

Na visão de Locke a razão tem a incumbência de organizar as idéias, porém, essas idéias surgiam da experiência, do objeto, este fato pode ser observado quando o filósofo se contrapõe ao inatismo:

Suponhamos, então, como dissemos, um papel em branco, desprovida de todos os caracteres, sem nenhuma idéia; como ela será suprida? De onde lhe provém este vasto estoque, que a ativa e ilimitada fantasia do homem pintou nela com uma variedade quase infinita? De onde apreende todos os materiais da razão e do conhecimento? A isso respondo, numa palavra: da experiência. Todo o nosso conhecimento está nela fundado, e dela deriva fundamentalmente o próprio conhecimento. (LOCKE, 1997, p.57).

Apesar de centralizar o conhecimento na experiência, Locke torna evidente que a capacidade de conhecer é inata. No entanto, Locke não deixa dúvidas de que a experiência se comporta como uma grande fonte de conhecimentos. Nessa perspectiva, torna-se difícil admitir algum conhecimento independente dos sentidos. Vale destacar que o empirismo, ao enfatizar os sentidos como condição intrínseca ao conhecimento, revela a mente como forma de abstração da realidade exterior, ressaltando que o conhecimento variaria conforme a percepção do indivíduo.

Entre as características peculiares ao empirismo está o papel da experiência, das idéias e da razão. Nessa concepção a experiência tem papel central no conhecimento científico, as idéias têm relação direta com a forma de abstração do real, que passa pelos sentidos. Quanto à razão, apesar de o empirismo não apresentar um pensamento contraditório ao racionalismo, interpreta a razão de modo diferente: a razão é dependente da experiência sensível, logo não vê dualidade entre espírito e extensão – como acontece no racionalismo, de tal forma que ambos são extremidades de um mesmo objeto (AYERS, 1999).

Cabe salientar que, a filosofia de Locke está intimamente ligada à necessidade política de encontrar uma resposta para os graves conflitos políticos e religiosos que devastavam a Inglaterra no século XVII, respondendo a questões voltadas para os limites do conhecimento. Locke é reconhecido como um filósofo de transição entre as concepções medievais e as idéias modernas, entretanto, desenvolveu uma teoria do conhecimento que posteriormente, inspirou outros filósofos dessa corrente, atingindo por meio da validação experimental, várias áreas da

ciência até o século XXI, ainda que de modo implícito, sendo também uma corrente filosófica que contribuiu para a formação do Paradigma da Ciência Moderna.

Com o advento da modernidade, outra corrente filosófica que emergiu foi o idealismo. Essa corrente adota uma posição voltada para um subjetivismo contrário ao materialismo, que será discutido na seqüência. Suas origens datam por alguns autores a partir da revolução filosófica iniciada por Descartes, porém, nos pensadores alemães que essa corrente terá maior associação. Essa corrente filosófica abrange algumas divergências entre seus representantes, entretanto, todos os posicionamentos idealistas reconhecem o princípio espiritual como primeiro, e a matéria como aspecto secundário, podendo ser caracterizados em duas grandes vertentes: idealismo subjetivo e idealismo objetivo, que por sua vez, possuem subclassificações (TRIVIÑOS, 2006).

O idealismo subjetivo tem como a única realidade a consciência do sujeito, o conjunto de suas sensações, vivências, estados de ânimo e ações. Seus representantes clássicos são Berkeley, Fichte e Hume. Entre esses representantes, Berkeley caracteriza nitidamente o subjetivismo ideal em sua obra, *Tratado acerca dos princípios do conhecimento humano*, publicado em 1710, ressaltando que “para quem quer que estude os objetos do conhecimento humano, é evidente que eles representam ou idéias realmente impressas nos sentidos ou aquelas que são adquiridas observando as emoções e as operações da mente, ou, por fim, idéias formadas com a ajuda da memória e da imaginação” (BERKELEY, 1973). Berkeley acrescenta ainda que “além das idéias ou objetos do conhecimento, existe aquilo que as percebe: a mente, o espírito, a alma, o eu”. Esse pensador relaciona de forma intrínseca a existência absoluta das coisas com a existência de quem as percebe. Esse fato pode ser evidenciado na obra citada de Berkeley, onde resalta que “existir significa ser percebido” (BERKELEY, 1973).

Apesar dessa corrente filosófica compor o tópico 1.1, caracterizado pela construção do Paradigma da Ciência Moderna, cabe ressaltar que esse relativismo observado no idealismo subjetivo tem algumas nuances na caracterização e formação do Paradigma da Ciência Contemporânea, onde a ciência retorna à sentença de Protágoras na qual: “O homem é a medida de todas as coisas” (MOLES, 1981, p. 7). Esse retorno acontece em pleno século XX e XXI, provocado pela ciência e por “uma ambiência de idéias, de reflexões perspectivas que pertencem à época inteira e mais particularmente ao pensamento filosófico encarregado de exprimir essa época” (MOLES, 1981, p. 7). Nessa perspectiva a *ciência do percebido* parte da hipótese de Schopenhauer de que “o mundo é a minha representação do mundo” (*apud* MOLES, 1981, p. 6). De acordo com essa concepção, o mundo não simplesmente existe, mas



depende da maneira como o interpreto, como o vejo, portanto, não é certo ou provável, mas percebido.

Quanto ao idealismo iniciado no século XVIII, cabe destacar e caracterizar a vertente objetiva dessa corrente. Essa tendência filosófica rejeita a idéia de que o primário seja a consciência individual humana, considerando como base primária da existência a idéia suprema, a consciência objetiva e o espírito absoluto (ENGLES, 1985). Entre seus representantes se destaca Hegel e sua idéia fundamental da identidade do ser e do pensamento, ou seja, o mundo real deveria ser compreendido como uma manifestação do espírito, da idéia absoluta. Essa idéia absoluta é desenvolvida em fases, sendo que somente na terceira fase desenvolve-se no pensamento e na história (TRIVIÑOS, 2006).

Cabe ressaltar que o idealismo subjetivo e objetivo resolvem o problema da *prioridade*, afirmando que, é o espírito, a idéia, o primeiro, e que o secundário seria a matéria. Essa concepção mostra-se antagônica a corrente materialista, a qual eleva a matéria à uma categoria de primazia, onde as idéias tem suas origens como consequência do mundo objetivo e material (TRIVIÑOS, 2006).

O materialismo filosófico apóia-se nas conclusões da ciência para explicar o mundo, portanto, suas concepções mudam de acordo com a evolução do pensamento científico, o que pode ser percebido ao se contrapor as noções de matéria entre Demócrito e Einstein. A ciência, por sua vez, ao demonstrar uma valorização da experiência com o sensível, o mundo concreto, apresenta uma relação imbricada com essa concepção material. Entretanto, o pensamento científico, não apresenta em sua história apenas uma influência filosófica, não significando, portanto, que apresente em sua formação apenas essa tendência filosófica.

O materialismo tem suas origens na Antiguidade, entretanto sua força é retomada na Renascença com os avanços da arte, astronomia e ciências gerais. A este vigor materialista, que se apresenta com o pensamento baconiano e de Hobbes, acrescentou-se as idéias dos enciclopedistas franceses. Entretanto, o progresso na ciência, destacando-se a teoria da evolução darwiniana e a lei de conservação e transformação de energia, que permitiram a Engels e Marx implantar as bases do materialismo histórico que se constituiu sistematicamente após a metade do século XIX (TRIVIÑOS, 2006).

Cabe ressaltar que de acordo com alguns autores, como Bazarin (1982), por exemplo, a concepção materialista pode ser discriminada por diversos tipos, de acordo com a evolução dessa corrente, caracterizado em: materialismo ingênuo, espontâneo, mecanicista, vulgar e dialético. Nessa dissertação será destacado, porém de maneira sucinta, apenas o materialismo dialético.

O materialismo dialético apóia-se na ciência para configurar sua concepção de mundo. Portanto, reconhece como essência do mundo a matéria, que por sua vez, seria anterior à consciência, logo a realidade objetiva e suas leis seriam cognoscíveis. O mundo cognoscível ou não cognoscível, disponibiliza uma terceira categoria para o materialismo dialético. Esse problema tem na teoria do conhecimento a denominação de possibilidade do conhecimento, desencadeando outro problema a ser resolvido, o critério de verdade. O materialismo dialético levantou como critério de verdade a prática social (TRIVIÑOS, 2006).

Portanto, o materialismo dialético tem como categorias fundamentais a matéria – discutida pelos idealistas como secundária e pelos materialistas como primária, a consciência e a prática social. Para essa tendência filosófica a prática social é o critério decisivo para reconhecer se um conhecimento é verdadeiro ou não. Entretanto, por nutrir-se das conquistas científicas, terão como critério de verdade as evidências quando estas podem ser antecipadamente testadas como evidência verdadeira ou falsa (TRIVIÑOS, 2006).

Entre os filósofos pertencentes ao Paradigma da Ciência Moderna, caracterizados como positivistas, é aceito como critério de verdade “aquilo que se mostra em concordância ou coerência do pensamento consigo mesmo e que se pode perceber na ausência de contradição entre os juízos” (TRIVIÑOS, 2006, p. 27). Entretanto, deve ser ressaltado que na lógica material, esse enfoque pode apresentar erros, o que não acontece na lógica formal.

As concepções filosóficas mencionadas nesse sub-item apresentam características muitas vezes permeadas no Paradigma da Ciência Moderna, como por exemplo, a valorização à experiência enfocada no empirismo de Locke. Quanto ao idealismo, entre seus pilares, aparecem características como a relação entre o mundo e a percepção do homem, evidenciada nas flutuações e multicasualidades do Paradigma da Ciência Contemporânea, que será discutido no próximo tópico. Entretanto, a maior parte dos representantes idealistas do século XX situa-se no positivismo – evidenciado pelo enfoque da linearidade cumulativa (ZAMBIASI, 2006), características típicas do Paradigma da Ciência Moderna. Esses idealistas positivistas são caracterizados pela tendência em eliminar o subjetivismo manifesto no idealismo e salientar verdades de importância geral. O materialismo por sua vez também apresenta dentre suas peculiaridades, a valorização da matéria como prioridade, o que se torna uma característica marcante agregada, ainda que com adequações, do Paradigma da Ciência Moderna. Entre tais evidências está o positivismo que busca no real, por meio de testes e experimentações, uma forma de validação e critério de verdade, a qual elimina qualquer forma relativa e metafísica de explicação desse mundo ‘real’.

### **1.1.5 A consolidação do Paradigma da Ciência Moderna: o positivismo e suas peculiaridades**

Várias concepções se formaram ao longo da história da ciência sobre o processo de construção intelectual de conhecimentos. Dentre as concepções filosóficas de longo alcance e forte influência na construção científica até o século XXI, se destaca o positivismo. Essa corrente de pensamento tem sua origem no empirismo, desde a antiguidade, mas as bases concretas se instauram na Idade Moderna, iniciada no século XVI e solidificada no século XVIII, em um contexto histórico do capitalismo do Estado e da constituição da classe burguesa, fazendo convergir interesses econômicos, políticos e ideais de racionalidade (ZAMBIASI, 2006).

O movimento positivista dominou parte da cultura europeia, incluindo a filosofia, artes e literatura, desde, aproximadamente, 1840 até a 1ª Guerra Mundial, no início do século XX. O termo foi cunhado devido ao período de paz reinante na Europa e à expansão colonial na África e Ásia, que gerou um clima de entusiasmo em torno da idéia de progresso humano e social irrefreável. O seu modelo de racionalidade fundamenta-se nas ciências naturais, tendo como centro a matemática e, por conseqüência, passa a ser regida por um rigoroso determinismo, apoiando-se na formulação de leis à luz de regularidades observadas. Nessa perspectiva, que caracteriza o Paradigma da Ciência Moderna, “o rigor científico afere-se pelo rigor das medições” e conhecer passa ser compreendido como quantificar, dividir e classificar (SOUSA SANTOS, 1988, p.5). Em outras palavras, a natureza se torna descritível por meio da matemática, passando a ser percebida como uma espécie de laboratório, em que o fenômeno é compreendido em suas partes e o experimento interpretado sob o olhar de uma “teoria econômica e bela” (HENRY, 1998, p.10).

Essa nova mentalidade prática e utilitarista do homem burguês o conduziu gradativamente a se libertar da concepção medieval voltada para a vida após a morte e a valorizar o homem e a natureza, não apenas contemplando-a, mas aproveitando-a como fonte de riqueza e acumulação. Neste contexto, “para o homem moderno, cioso de uma objetividade que o levasse à compreensão dos fenômenos e das leis que constituem o cosmos, era fundamental a experiência da natureza, descobrir suas leis através de um método eficiente – o método experimental” (ZAMBIASI, 2006, p. 70).

Nesse período, o conhecimento científico torna-se um conhecimento confiável por ser comprovado objetivamente, no qual as teorias científicas devem ser derivadas, de maneira

rigorosa, da obtenção dos dados da experiência, adquiridos pela observação e experimentação, ou seja, por meio de uma ciência objetiva (CHALMERS, 1993).

O positivismo da ciência se consolidou no século XIX com o francês Augusto Comte (1798-1857) ao defender a substituição de uma especulação racional da filosofia pelos dados positivos da ciência. Comte defende uma postura científica baseada na exaltação da observação dos dados reais. Neste sentido, o termo positivo passa a ser inserido segundo uma concepção do real em oposição às formas metafísicas, predominantes da filosofia da época, e, numa visão reducionista, a ciência torna-se a única forma de conhecimento válida. Em outras palavras, “o significado do conhecimento para o positivismo é definido como aquilo que as ciências fazem” (MARTINS e BICUDO, 1989, p. 11).

Um traço marcante do positivismo se instaurou definitivamente pelo Círculo de Viena, denominado positivismo lógico. Esse influente grupo de discussão, estabelecido pelo alemão Carnap e o austríaco Schlick, ao final da década de 1920, desenvolveu vários aspectos dessa visão de ciência, unindo os métodos da lógica à postura empirista. Para tanto, o positivismo lógico se baseia em um tripé: (1) o trabalho de vários matemáticos e lógicos do século XX; (2) o empirismo clássico de David Hume, transmitido por Russel; (3) as ciências físicas, em especial as ciências físicas clássicas, tal como eram compreendidas antes da relatividade e da mecânica quântica (CARVALHO, 1997).

A abordagem endossada pelos positivistas lógicos é o tradicional método hipotético-dedutivo e a verificação, a qual, por meio de reiterados testes, é considerada o melhor critério para determinar o quanto pode ser válida uma teoria. Caso os testes confirmem uma teoria, diz-se que ela foi verificada (REALE, 1981; MAYR, 2008). Entretanto, Mayr (2008) ressalta que, embora a verificação fortaleça muito as teorias, o método de validar uma teoria pela sua verificação leva, muitas vezes, ao que posteriormente mostra-se ser uma teoria errada.

Independente de suas vertentes, o positivismo se caracteriza pela retomada de alguns aspectos da tradição iluminista como a tendência a considerar os fatos empíricos como a única base do verdadeiro conhecimento, pela fé na racionalidade científica como solução dos problemas da humanidade e uma confiança não crítica e superficial na estabilidade e no crescimento sem obstáculos da ciência (REALE, 1981). Entre as características marcantes do positivismo está a idéia de uma ciência progressiva e cumulativa na aquisição de conhecimentos científicos, distinta e superior a qualquer outro tipo de conhecimento e, ainda, a valorização dos critérios de verificação como forma de demarcação entre questões científicas e questões metafísicas. Esses critérios fortaleceram a atitude positivista de negar

qualquer enunciado metafísico. Isto porque a metafísica não pode ser verificada, e sendo assim, é totalmente desprovida de sentido (MAGEE, 1973).

O positivismo lógico influenciou diferentes culturas distintas que se apropriaram deste movimento com suas peculiaridades. Na França, inseriu-se no racionalismo de Descartes à Auguste Comte, ao passo que na Inglaterra inseriu-se na tradição empirista de John Stuart Mill e Herbert Spencer. O fato é que, independente das divergências, algumas convergências identificam o positivismo como a reivindicação da ciência como o único método de conhecimento e a retomada de alguns aspectos da tradição iluminista como a tendência a considerar os fatos empíricos como a única base do verdadeiro conhecimento, a fé na racionalidade científica como solução dos problemas da humanidade e uma confiança não crítica e superficial na estabilidade e no crescimento sem obstáculos da ciência (REALE, 1981).

Esta visão de ciência como algo inquestionável, único método empírico de conhecimento e base da verdade, linear e cumulativo na construção de seus conhecimentos, consolidou-se formando o Paradigma da Ciência Moderna. As concepções desse paradigma alcançaram o século XXI, ainda que em frases sutis, como por exemplo, em uma simples tentativa de validar determinada hipótese, as pessoas afirmarem que determinado fato é verdade, por ser “comprovado cientificamente”. A ciência do paradigma moderno ocupou o lugar de credibilidade pertencente à Igreja da Idade Média, apresentando por meio de seus dogmas – conceitos que se apresentavam inquestionáveis, devido sua forma de validação empírica –, verdades inquestionáveis à população.

Nesta perspectiva, torna-se interessante a compreensão de que a ciência durante sua construção trouxe expectativas de respostas que se tornaram perguntas ao longo do percurso, não podendo deixar de ser considerado o fato de que seus cientistas ao fazerem ciência, seguiram os padrões de sua comunidade científica. Tais padrões, por sua vez, basearam-se nos valores pertinentes aos seus períodos de construção, o que demonstra que a ciência não possui a neutralidade levantada pelo positivismo. “Este propósito do espírito positivo engendrou uma dimensão que foi defendida com muito entusiasmo e ainda hoje, em alguns meios, se levanta como bandeira verdadeira: *a da neutralidade da ciência*” (TRIVIÑOS, 2006, p. 37), fato observado em afirmações como “a ciência estuda os fatos para conhecê-los, e tão somente para conhecê-los, de modo absolutamente desinteressado” (DURKHEIM, 1975, p. 59).

Entretanto, autores como Moles (1981) e Jacob (1998), sinalizam que o atual momento da ciência consiste na compreensão do imprevisto. Para esses autores, a ciência

perpassou nos últimos dois séculos (do século XIX ao XXI), da concepção de “*ciência do certo*”, pela “*ciência do provável*” alcançando a “*ciência do percebido*” (MOLES, 1981, p. 6). Essa perspectiva considera que a ciência do século XIX pautava-se na certeza como um dos dados imediatos para a construção de um mundo exato, entretanto, no século XX constrói seus pilares sobre “o aspecto estatístico do mundo deliberadamente aceito e reconhecido como essencial” (p.6), atingindo a partir da década de 1950, uma perspectiva mais idealista, desencadeada por vários acontecimentos, como na Física pelo estudo da *Microfísica* e na Biologia pelos resultados genômicos pertinentes ao PGH.

Jacob (1998), com constrói esse prisma ao retratar algumas questões relevantes as pesquisas genômicas ao final do século XX. Em seu livro intitulado *O rato, a mosca e o homem*, utiliza uma frase de Lewis Thomas (1979, p.73 *apud* JACOB, 1998, p.18) que retrata este momento da ciência: “A ciência é algo que possuímos e não possuímos. E se a possuímos, não podemos tirar dela somente aquilo de que gostamos. É necessário aceitar também o imprevisto e o perturbador.”

## 1.2 PARADIGMA DA CIÊNCIA MODERNA X PARADIGMA DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA: ENTRE O RACIONALISMO E O RELATIVISMO

A visão salvacionista e inquestionável da ciência, propagada pelo Paradigma da Ciência Moderna, adentrou na segunda metade do século XX ao que Kuhn (1998) considera como uma crise no interior de um paradigma. Outros teóricos denominam esse período de crise na ciência da pós-modernidade, caracterizando-o em um contexto histórico no qual o conceito, os critérios de certeza, a validade dos métodos da ciência e sua relação com a realidade são questionadas e reavaliadas (LYOTARD, 2006). Nas palavras de Moles (1995, p. 16) “a ciência tal como a conhecemos não nos fala quase do que é impreciso, do que é flutuante, do que muda e só se repete aproximativamente”, pois prefere “as correlações fortes entre as variáveis ao invés das correlações fracas da vida”.

Apesar dos ecos do Paradigma da Ciência Moderna ainda aparecerem no século XXI, essa interpretação positiva desencadeada a partir do Paradigma da Ciência Moderna perdeu seu monopólio e credibilidade, não sendo mais capaz de explicar a complexidade e a grande gama de fenômenos (LAMPERT, 2005). Essa transição paradigmática abriu espaço para o início de um novo paradigma da ciência, o Paradigma da Ciência Contemporânea. Nesse novo

paradigma, pautado nas teorias da própria ciência, as verdades inquestionáveis da visão positivista e reducionista esbarram nas incertezas e nas imprevisibilidades; a estabilidade e o determinismo confrontam-se com a entropia e flutuações, a reversibilidade com a irreversibilidade e evolução, a linearidade com a complexidade; a ordem com a desordem e caos, a simples causalidade com a multicausalidade (MORAES, 1997; BEHRENS, 2003).

Os primeiros indícios da quebra do monopólio paradigmático têm início logo após a instauração do Círculo de Viena. Por volta da década de 1930 alguns epistemólogos apresentaram posicionamentos um tanto divergentes do modelo de racionalidade moderno. Esse episódio contribuiu para a percepção de novas maneiras de construção científica, despertando para a observação de que a ciência em sua construção e na escolha de seus métodos de investigação está distante da neutralidade e genuinidade apresentados pelo Paradigma da Ciência Moderna.

Os sub-itens deste tópico tem como meta retratar alguns posicionamentos desses epistemólogos contemporâneos, os quais intitulando-se de racionalistas críticos, realizaram várias críticas ao modelo vigente. Outro ponto a ser retratado serão alguns acontecimentos remetidos ao final do século XX e início do século XXI, que caracterizaram a possibilidade de um período transitório assinalado pela formação de um novo paradigma na ciência o Paradigma da Ciência Contemporânea.

### **1.2.1 Positivismo Lógico x Racionalismo Popperiano – convergências e divergências**

Em 1934, Karl R. Popper, filósofo da ciência ocupante de questões relativas à epistemologia, publicou seu primeiro livro intitulado de *A Lógica da Pesquisa Científica*, obra que constitui em uma crítica ao positivismo lógico do Círculo de Viena. Popper adota uma postura crítica aos membros do Círculo de Viena, quando estes assumem o critério da verificabilidade, para comprovar o que é científico. Para ele, “[...] era apenas outra maneira de formular o venerável critério dos indutivistas; não havia diferenças real entre as idéias de indução e de verificação” (POPPER, 1986, p. 87-88). Popper é enfático quando afirma que a ciência não é indutivista. De acordo com o seu modo de ver, “[...] a ciência não tinha caráter indutivo, a indução era um mito que havia sido destruído por Hume” (POPPER, 1986, p. 88).

Apesar das críticas de Popper, há um ponto de concordância inicial entre o epistemólogo e os que defendem a indução como marco distintivo da ciência: a preocupação comum em estabelecer um critério de demarcação entre o que pode e o que não pode ser considerado pensamento científico. O motivo desta preocupação permeia no esforço de mostrar a diferença entre uma investigação legitimamente científica da mera especulação metafísica. Portanto, Popper concorda com os positivistas lógicos no aspecto de que uma teoria é considerada mais satisfatória, quanto maior for à rigidez dos testes independentes aos quais ela sobreviveu. Em contrapartida, argumenta que o falseamento é a única maneira de finalmente eliminar uma teoria válida (Popper, 1975).

Popper ataca o verificacionismo indutivo, lançando em seu lugar o falseacionismo como elemento fundamental da pesquisa científica. Para Popper, uma lei científica proposta a partir da observação de acontecimentos particulares, não pode ser cabalmente verificada, no entanto, pode ser definitivamente refutada ou falseada. Deste modo, Popper introduz um dos elementos centrais de sua proposta de método científico, o critério de falseabilidade, com o qual pretende separar a ciência da metafísica, os enunciados falseáveis dos não falseáveis.

[...] só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação por experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação, não a verificabilidade, mas a falseabilidade de um sistema. Em outras palavras, não exigirei que um sistema científico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico (POPPER, 1975, p. 42).

Em sua argumentação, Popper destaca o papel das teorias científicas e o papel desempenhado pelas hipóteses. Para Popper, as hipóteses, além de abarcar os exemplos empíricos disponíveis – procedimento indutivo baconiano -, devem também permitir explicação que transponham as aparências exteriores apresentadas pelos fenômenos. A hipótese deve oferecer, ainda, uma série de previsões do que pode ocorrer em outras situações, ou seja, permitir a construção de deduções a partir de suas afirmações primitivas.

O critério de demarcação proposto por Popper busca permitir à ciência uma concepção assaz crítica, posto que o cientista deva avaliar uma teoria de acordo com a capacidade de ser exposta a críticas de todos os tipos e, no caso se pode, ou não, resistir a essas apreciações.

Popper acredita que a ciência é uma construção racional, ocorrendo com base no enfrentamento, pelo homem, de problemas que lhe surgem ao longo da vida, tornando-se para



tanto, irrecusável sua estreita vinculação com a realidade externa e com os fenômenos culturais de cada época. Popper (1986) é enfático ao afirmar que:

[...] iniciamos nossas investigações partindo de problemas. Sempre nos encontramos numa situação problemática e escolhemos um problema que esperamos poder solucionar. A solução, que sempre tem o caráter de tentativa, consiste numa teoria, numa hipótese, numa conjectura. As várias teorias rivais são comparadas e discutidas criticamente, a fim de se identificar suas deficiências; os resultados permanentemente cambiantes, sempre inconcludentes, dessa discussão crítica, formam o que poderia ser denominado a ciência do momento (POPPER, 1986, p. 94).

Popper destaca que “todo o nosso conhecimento é impregnado de teoria, inclusive nossas observações” (Popper, 1975, p. 75). Portanto, não existem dados puros, fatos neutros, isentos de teorias. Tal modo de pensar pode ser ilustrado com a mecânica newtoniana: a fim de testar a previsão de uma determinada órbita planetária, é necessário confrontar posições previstas para o planeta com posições observadas a partir da Terra. Esses fatos são resultantes de um processo de observação astronômica, sendo interpretados a partir de diversas teorias, tais como a da ótica do telescópio, propagação da luz no espaço interplanetário, entre outros. Além disso, os fatos baseados apenas em nossa percepção também estão impregnados de teorias; os órgãos dos sentidos e o sistema nervoso incorporam teorias físico-químicas, neurofisiológicas que interpretam os estímulos, nos dando as sensações. “Não há órgãos de sentido em que não se achem incorporadas geneticamente teorias antecipadoras” (POPPER, 1975, p. 76).

Chalmers (1993) retrata que para o método científico falsificacionista o progresso da ciência pode ser observado em uma seqüência de passos, em que:

A ciência começa com problemas, problemas estes associados à observação do comportamento de alguns aspectos do mundo ou do universo. Hipóteses falsificáveis são propostas pelos cientistas como soluções para o problema. As hipóteses conjecturadas são então criticadas e testadas. Algumas serão rapidamente eliminadas. Outras podem se revelar mais bem-sucedidas. Estas devem ser submetidas a críticas e testes ainda mais rigorosos. Quando uma hipótese que passou por uma ampla gama de testes rigorosos com sucesso é eventualmente falsificada, um novo problema, auspiciosamente bem distante do problema original resolvido, emergiu. Este novo problema pede a invenção de novas hipóteses, seguindo-se a crítica e testes renovados. E, assim, o processo continua indefinidamente (CHALMERS, 1993, p. 73).

Evidencia-se que Popper identifica o progresso científico como um movimento em direção a teorias que dizem sempre mais, teorias de conteúdo sempre maior. Assim, a teoria de maior conteúdo é a que admite as provas mais severas. Nesta perspectiva, percebe-se que

uma teoria nunca será decididamente verdadeira, por mais que tenha superado testes rigorosos, mas sim que, uma teoria corrente é superior as suas predecessoras no sentido de que ela é capaz de superar os testes que falsificaram aquelas predecessoras (CHALMERS, 1993).

Cabe destacar que, apesar de Popper realizar algumas críticas ao movimento positivista, alguns historiadores acreditam que Popper apenas desenvolve e aperfeiçoa o positivismo. Possivelmente, a constatação dos valores legitimados pela Ciência Moderna em suas concepções contribuiu para essa percepção. Entretanto, a presença de tais valores torna-se justificável, uma vez que esse método de construção científica ainda estava ganhando seus louros para a comunidade científica nos meados do século XX. Deve-se ressaltar, porém, sua coragem em manifestar pontos divergentes a um método em plena vigência e funcionamento.

### 1.2.2 Thomas Kuhn e Paul Feyerabend: entre o racionalismo crítico e o relativismo

Eu gostaria de dizer em poucas palavras por que não sou relativista: acredito na verdade “absoluta” ou “objetiva”, no sentido de Tarski<sup>12</sup> (embora, naturalmente, não seja um “absolutista”, pois não penso que eu, nem qualquer outra pessoa, temos a verdade no bolso). Não duvido de que este seja um dos pontos em que estamos mais profundamente divididos; e é um ponto lógico (POPPER, 1979).

Esta citação de Popper acontece como resposta a um de seus críticos, o filósofo da ciência Thomas S. Kuhn, caracterizado por Popper como relativista, embora Kuhn negue ser um relativista (CHALMERS, 1993, p. 146). Entre a concepção racionalista de Popper e a proposta de desenvolvimento do conhecimento científico de Kuhn aparecem alguns pontos convergentes e fortes pontos divergentes.

Em 1962, Tomas S. Kuhn, físico, historiador e filósofo da ciência, escreveu um livro intitulado *A estrutura das revoluções científicas*, onde apresenta uma proposta de desenvolvimento científico que, em seus aspectos centrais, choca-se frontalmente com o modelo de Popper.

Kuhn lança um de seus ataques não apenas à crença convencional de que a ciência progride cumulativamente no sentido de um maior entendimento da realidade física, guiada pela lógica e o apoio de uma base empírica independente da teoria, mas também contra os

---

<sup>12</sup> Indica-se a leitura: Tarski, A. *Introduction to Logic and to the Methodology of Deductive Sciences* (IL), Oxford: Oxford University Press, 1946.

\_\_\_\_\_. *Logic, Semantics, Metamathematics*. Indiana: Hackett Publishing Company, 1983.

argumentos de Popper de que os cientistas devem submeter suas teorias a testes severíssimos e refutá-las quando ocorre um desacordo entre suas teorias e o conhecimento fundamental reconhecido.

Entre os aspectos em que Kuhn diz concordar com Popper esta a rejeição de que a ciência progride por acumulação (KUHN, 1979). Este ponto também é mencionado ao afirmar como convergência o ato de acreditar que ciência é essencialmente crítica, e, portanto, podendo “ser descrita como revolucionária” (POPPER, 1979, p. 68). Ora, se a ciência não acontece necessariamente por acumulação, seu progresso acontece por revoluções, na qual “uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova, incompatível com a anterior” (KUHN, 1979, p.6; POPPER, 1983).

Kuhn objeta à opinião de Popper, quando este afirma que o cientista é um solucionador de problemas. Escreve Popper (1983, p. 67):

[...] não há dúvida de que nossas expectativas e, portanto, nossas teorias, podem até preceder, historicamente, nossos problemas. Entretanto, a ciência só começa com problemas. Os problemas afloram, sobretudo, quando estamos decepcionados em nossas expectativas, ou quando nossas teorias nos envolvem em dificuldades, em contradições.

Kuhn identifica os cientistas como solucionadores de enigmas e não de problemas. A utilização do termo enigma, para Kuhn, tem o objetivo de enfatizar que as dificuldades que costumeiramente são enfrentadas pelos cientistas são como enigmas de palavras cruzadas ou de charadas de xadrez, desafios apenas ao seu engenho. Segundo Kuhn, quem está em dificuldade é o cientista, não a teoria vigente. Essa posição, afirma Kuhn, é quase contrária a de Popper (KUHN, 1979).

A teoria da ciência de Kuhn foi desenvolvida como uma tentativa de fornecer uma teoria mais corrente com a situação histórica conforme sua visão. Uma característica chave de sua teoria se dá na ênfase dada ao caráter revolucionário do progresso científico, em que a revolução implica o abandono de uma estrutura teórica e sua substituição por outra, incompatível. A diferença mais importante entre Kuhn, Popper e Lakatos<sup>13</sup> é a ênfase nos fatores sociológicos (CHALMERS, 1993).

---

<sup>13</sup> Imre Lakatos desenvolveu sua descrição de ciência como uma tentativa de melhorar o falsificacionismo popperiano e superar as objeções à ele. Caracteriza sua metodologia nos Programas de Pesquisa – estrutura baseada em uma heurística negativa (núcleo irredutível) e a heurística positiva (composta por uma pauta geral que indicaria como poderia ser desenvolvido o programa). Para Lakatos, a ciência progride por meio da competição entre os programas de pesquisa. Sua retórica, não deixa muito espaço para a dúvida quanto ao fato de que desejava defender uma posição racionalista deplorando a posição relativista.

Indica-se a leitura:

LAKATOS, I. La metodología de los programas de investigación científica. Madrid:Alianza, 1989.

Esta ênfase sociológica possivelmente tenha relação com o período em que Kuhn passou no Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences, conforme destacado em seu prefácio no livro *A estrutura das revoluções científicas*. No texto, Kuhn (1998) relata a importância deste período em que conviveu com uma comunidade composta predominantemente por cientistas sociais. Tal contato possibilitou-lhe o confronto com problemas relativos às diferenças entre essas comunidades e as dos cientistas ligados às ciências naturais, impressionando-se com o número e a extensão dos desacordos expressos entre os cientistas sociais no que diz respeito à natureza dos métodos e problemas científicos legítimos.

A tentativa de descobrir a fonte dessa diferença levou-me ao reconhecimento do papel desempenhado na pesquisa científica por aquilo que, desde então, chamo de “paradigmas” as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência (KUHN, 1998, p. 13).

Kuhn retrata que por mais que constate a existência de controvérsias nas ciências naturais, nada se compara ao questionamento do método nas ciências sociais. Constata que a disputa sobre o básico não decorre do fato de os cientistas sociais, à diferença dos naturais, não saberem caracterizar convenientemente o método científico, passando, então, a investigar de onde provem diferenças tão gritantes quanto aos modos de caracterizar e conduzir cursos específicos de pesquisa.

Nesta perspectiva, para Kuhn, o estudo da história da ciência revela um modo diferente do ensinado e veiculado pelas reconstruções lógicas oferecidas nos tratados sobre método científico. Ou seja, a história da ciência se mostra geradora de problemas especiais para efeito de reconstrução da racionalidade científica (OLIVA, 2002).

Em seus trabalhos Kuhn descreve o desenvolvimento científico seguindo uma prática baseada em: ciência normal – crise - revolução científica.

A ciência normal, segundo Kuhn, significa:

[...] pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por

---

\_\_\_\_\_. O falseamento e as metodologias dos programas de pesquisa 109-243. In: Imre Lakatos e Alan Musgrave (orgs). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento* (pp. 63-71). Quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965. Tradução Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix Universidade de São Paulo, 1979.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Ed. Brasiliense: São Paulo, 1993, pp.112-122; 137-140

alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior (KUHN, 1998, p. 29).

Para Kuhn, a ciência normal está norteada por paradigmas - realizações científicas reconhecidas que fornecem problemas e soluções para uma comunidade de praticantes de uma ciência. A comunidade científica, ao adquirir um paradigma, adquire um critério para a escolha de problemas, que enquanto o paradigma for aceito, serão considerados dotados de uma solução. Kuhn destaca que para a comunidade científica estes problemas são os únicos admitidos como científicos, os quais estimulam também seus cientistas a resolverem (KUHN, 1998).

De acordo com Kuhn, os problemas que fogem das soluções dos paradigmas vigentes são rejeitados como demasiado problemáticos para merecerem o dispêndio de tempo. Diante disso, uma das razões pelas quais a ciência normal progride tão rapidamente reside no fato de seus praticantes se concentrarem em problemas que somente a sua falta de engenho podem impedir sua resolução.

Em algum momento do percurso da ciência normal, o paradigma vigente pode não fornecer soluções para todos os problemas em questão, representando o que Kuhn identifica como anomalias. Este momento representa uma ameaça ao paradigma vigente, o qual só encerra-se quando a teoria do paradigma for ajustada de forma que a anomalia se ajuste ao esperado (KUHN, 1998).

Segue abaixo um fato curioso retratado por Kuhn, que revela o quanto a ciência normal não é neutra e tão pouco preocupada com a busca de problemas que fujam do controle de suas soluções.

Durante todo o século XVIII, os cientistas que tentaram deduzir o movimento de Newton fracassaram sistematicamente. Em vista disso, alguns deles sugeriram a substituição da Lei do Quadrado das Distâncias por uma lei que se afastasse dessa quando se tratasse de pequenas distâncias. Contudo, fazer isso seria modificar o paradigma, definir um novo quebra-cabeça<sup>14</sup> e deixar sem solução o antigo (KUHN, 1998, p. 63).

Estes acontecimentos não são característicos apenas do século XVIII. Ao final da década de 1990 o Projeto Genoma Humano (PGH) também vislumbrava ter soluções para todos os quebra-cabeças vigentes. No entanto, seus resultados que serão discutidos durante

---

<sup>14</sup> KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. [Publicado originalmente em 1962]. São Paulo: Editora Perspectivas S.A, 1998, p 57-66.

esta dissertação, ao invés de responder as perguntas em questão, trouxeram outras perguntas ao revelar respostas que não haviam sido conjecturadas pelos cientistas da ciência normal vigente.

Tais situações demonstram o quanto à ciência normal possui seus dogmas que por sua vez, tem suas validades e contribuições. Entretanto, Kuhn (1979; 1998) ao evidenciar a presença de dogmas na ciência sinaliza a ausência da neutralidade legitimada no Paradigma da Ciência Moderna.

No percurso da ciência normal, Kuhn identifica que quando as anomalias passam a apresentar problemas sérios para um paradigma, um período de acentuada insegurança se inicia. As tentativas de resolver as anomalias tornam-se intensas e os cientistas começam a expressar seu descontentamento e inquietação com o paradigma vigente. Nesse momento, o paradigma enfraquece e desencadeia-se uma desconfiança no paradigma, iniciando uma crise revolucionária (CHALMERS, 1993).

Kuhn afirma que a passagem de um paradigma em crise para um novo paradigma que resolva a crise não é um processo cumulativo e isolado. Nessa transição ocorre uma reconstrução do campo de pesquisa a partir de seus fundamentos, processo em que mudam conceitos, métodos e aplicações.

Após a revolução científica<sup>15</sup>, uma nova teoria é escolhida e vai se transformar num novo paradigma que deverá, além de envolver os fatos, problemas e experimentos explicados pelo paradigma anterior, explicar os problemas que provocaram a crise naquele paradigma. A revolução científica, embora motivada pelas limitações do paradigma substituído, dá origem a um paradigma incomensurável ao anterior. Portanto, a revolução constitui uma forma da ciência romper de um paradigma para outro capaz de resolver as questões que se levantam ao longo do percurso, mudando a visão de mundo (CHALMERS, 1993).

Em seus trabalhos Kuhn nega ser relativista. Em resposta à acusação de ser, ressalta que as teorias científicas mais recentes são melhores que as antigas para a resolução de enigmas, justificando ser convicto do progresso da ciência.

Vale ressaltar que, apesar de Kuhn assegurar que em algum sentido a ciência progride, o autor nega, sem ambigüidades, que se possa dizer que a ciência progride em direção a uma verdade em qualquer sentido bem definido. Para Kuhn, o que deve ser considerado como um

---

<sup>15</sup> Revoluções Científicas – de acordo com Kuhn, corresponde ao abandono de um paradigma e adoção de um novo, não por um único cientista somente, mas pela comunidade científica relevante como um todo. (CHALMERS, A.F. O que é ciência afinal? Tradução Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1995, p. 133).

problema tem uma relação de dependência com o paradigma ou a comunidade científica em questão (CHALMERS, 1993).

Dentre este processo de questionamento das formas de se caracterizar a ciência, iniciado por Popper após a Segunda Guerra, com o racionalismo crítico, encontra-se assim como Kuhn, outro aluno de Popper, chamado Paul Feyerabend. Esse epistemólogo se caracteriza totalmente avesso ao modelo de racionalidade em vigência, intitulado-se de anarquista, ou seja, um relativista.

Feyerabend (1977) defende em seus trabalhos, uma prática científica que procura incorporar elementos que estão distantes do indutivismo do método científico tradicional, do racionalismo crítico de Popper, bem como do domínio das idéias paradigmáticas do modelo kuhniano, mesmo quando estas desempenham um papel funcional no desenvolvimento das teorias científicas.

Nas palavras desse epistemólogo, não existe uma entidade monolítica chamada de "ciência", sendo impossível uma "teoria da ciência" ou mesmo um "método científico". O único princípio que não inibe o progresso é: tudo vale. Esse anarquismo epistemológico aparece nítido em seu livro intitulado *Contra o Método*, em que escreve:

Este ensaio é escrito com a convicção de que o anarquismo epistemológico, embora não constituindo, talvez a mais atraente filosofia política, é, por certo, excelente remédio para a epistemologia e para a filosofia da ciência (FEYERABEND, 1977, p. 19).

Feyerabend defende a idéia de não fornecer uma nova teoria de racionalidade ou metodologia, como proposto por Kuhn, mas o de convencer o leitor de que “*todas as metodologias, mesmo as mais óbvias, têm limitações*” (FEYERABEND, 1977, p. 43). Para Feyerabend todas as metodologias têm um limite de validade, não existindo método de trabalho na investigação científica que não seja abandonado em algum momento.

A ciência moderna se desenvolveu segundo a concepção de um saber especulativo, baseado sobre um critério de verdade, buscando em uma nova teoria uma representação definitiva da realidade (JACOB, 1998). No entanto, Feyerabend afirma desacreditar da imponência de uma teoria da ciência que aponte a padrões e regras em busca de uma racionalidade do fazer científico e de uma verdade absoluta, apontando o conhecimento como um oceano de alternativas ao invés de uma aproximação da verdade (FEYERABEND, 1977; 1987). Nesta visão o autor critica firmemente o que para ele, representa um enfoque estático: “a idéia de um método estático ou de uma teoria estática de racionalidade funda-se uma

concepção demasiado ingênua do homem e de sua circunstância social” (FEYERABEND, 1977, p. 34).

Conforme Regner (2002), antes que um ideal, o anarquismo epistemológico de Feyerabend demonstra uma atitude estratégica utilizada em sua defesa e crítica ao racionalismo, desenvolvida em duas frentes que se completam e mutuamente se suportam. De um lado, revela a “irracionalidade do racionalismo” (REGNER, 2002, p. 117), uma vez que suas regras, levadas às últimas conseqüências, dentro da própria esfera lógica em que se alicerçam, tornam-se autodestrutivas e inviabilizam o alcance de seus objetivos e conflitam com os fundamentos que as suportam. Por outro lado, Feyerabend mostra a “razoabilidade do irracionalismo” (REGNER, 2002, p.117), viabilizando o progresso da ciência, em qualquer uma das acepções que lhe seja emprestada (FEYERABEND, 1977). Com bases em suas premissas libertárias, Feyerabend propõe *o princípio do tudo vale* para a investigação científica, afirmando dessa maneira que qualquer forma de argumentação ou metodologia possível pode ser utilizada para defesa de posições teóricas, para tanto retrata o desenvolvimento do copernicanismo ao longo do percurso histórico.

O desenvolvimento da doutrina copernicana, desde o tempo de Galileu até o século XX, é perfeito exemplo da situação que desejo apresentar. Partimos de uma firme convicção, contrária à razão e a experiência da época. A convicção se dissemina e encontra apoio em outras convicções que são igualmente ou mais desarrazoadas (lei da inércia; telescópio). A pesquisa toma novas direções, constroem-se novos tipos de instrumentos, a evidência passa a ser relacionada com as teorias segundo novas linhas, até que surja uma ideologia suficientemente plástica para encontrar esses argumentos sempre que se façam necessários. Hoje, podemos dizer que Galileu trilhava o caminho certo, pois sua persistente busca de algo que, a certa altura, se afigurou uma ridícula cosmologia, veio a criar os elementos necessários para defendê-la contra aqueles que só aceitam um ponto de vista quando ele é apresentado de determinado modo e que só se tornam claras e razoáveis depois que as compõem. Essa operação desarrazoada, insensata, sem método é, assim condição inevitável de clareza e de êxito empírico (FEYERABEND, 1977, p. 33).

De acordo com Feyerabend (1988), o que existem são padrões que auxiliam o cientista na avaliação da situação histórica em que ele toma decisões - e não regras que lhe digam o que fazer. Portanto, o que possibilitou a aceitação da revolução copernicana não foi o fato de Copérnico ou de Galileu terem seguido regras metodológicas aceitas. A aceitação do heliocentrismo foi, em primeiro lugar, lenta e proveio não de uma só razão, mas de uma série de adesões nos mais variados campos, como da Cosmologia, da Física, da Astronomia, das tabelas, da Ótica e da Teologia.



A estratégia para defesa da doutrina copernicana e a nova física de Galileu, consistiu primeiro, em garantir-lhe espaço, com um movimento inicial de recuo, evitando o confronto direto com a teoria aristotélica e neutralizando o apoio da evidência disponível. Outro ponto importante foi o apelo não apenas de argumentos, mas à propaganda, a razões eventuais e procedimentos para os quais Galileu não dispunha de “boas razões”, como o uso do telescópio (REGNER, 2002, p. 118). Posteriormente, os novos padrões orientaram a busca da evidência favorável ao novo sistema, com o desenvolvimento de hipóteses científicas auxiliares, novos instrumentos e procedimentos, ao qual serviram recursos proibidos pelas regras do método, como o uso de modificações *ad hoc*<sup>16</sup>, afastando da evidência contrária e privilégio à evidência corroboradora (REGNER, 2002).

A revolução copernicana não se produziu por uma única razão ou em virtude da utilização de um único método. Foram múltiplas as razões, produzidas por uma série de atitudes diferentes. Em contrapartida, para que uma nova teoria seja aceita, rompendo com a antiga, se torna necessária uma grande mudança no modo de pensar daquele que se vê diante de uma nova elaboração. Tem-se que forçar, literalmente, toda a estrutura da sua inteligência, em um processo, ou melhor, em uma capacidade de focar a realidade de uma forma diferente da que havia sido estabelecida. No dizer de Feyerabend (1991):

[...] introduzir uma nova teoria implica mudanças de perspectiva tanto em relação aos traços observados como aos traços não observados do mundo, e as mudanças correspondentes nos significados dos termos, inclusive os mais ‘fundamentais’ da linguagem empregada. [...] a influência de uma teoria científica compreensiva, ou de algum outro ponto de vista geral, sobre nosso pensamento, é muito mais profunda do que o admitem os que a consideram tão somente como um esquema conveniente para a ordenação de fatos. De acordo com esta primeira idéia, as teorias científicas são formas de ver o mundo e sua adoção afeta nossas crenças e expectativas gerais e, como consequência, também as nossas experiências e a nossa concepção de realidade. Podemos dizer, inclusive, que o que se considera ‘natureza’ em uma época determinada é um produto nosso, no sentido de que todos os traços que nós lhe registramos foram, primeiro, inventados por nós e usados depois para outorgar ordem àquilo que nos rodeia (FEYERABEND, 1991, p. 39).

Para que aconteça a ruptura de teorias, não basta uma intenção de mudança, mas uma justificativa. Galileu, por exemplo, não pôde oferecer a "prova irrefutável", exigida pelos escolásticos, da verdade de seus postulados, haja vista não ter condições de provar o

---

<sup>16</sup> Modificações *ad hoc*: uma modificação numa teoria tal como o acréscimo de um postulado existente, que não tenha consequências testáveis da teoria não modificada (CHALMERS, 1993, p. 79). Tais modificações não são aceitas pelos falsificacionistas, mas sim conjecturas audaciosas, que levariam a novas previsões testáveis, que não se seguiriam das teorias originadas falsificadas (CHALMERS, 1993, p. 84)

movimento de rotação da Terra, apontando apenas evidências racionais, por meio de experiências mentais que o conduziram a um convencimento de seu acerto, tarefa essa difícil, pois contrariava o que as pessoas possuíam de mais estabelecido: a verdade do que lhe apontavam os sentidos.

Feyerabend (1987), ao criticar a concepção tradicional da metodologia científica, nega a existência de um único método científico, adotando uma postura relativista, afirmando que cada conhecimento particular deve ser analisado por suas próprias regras e não por quaisquer padrões externos que a legitimem. Essa visão pode ser observada ao apontar o uso de adaptações *ad hoc* na transição para o heliocentrismo e ao salientar a necessidade de liberdade ao pesquisador frente à experiência, restringida pela tradição em seus aspectos sociais e culturais, pelo próprio temperamento individual, subjetivo, de cada pesquisador, pelos formalismos e pela linguagem empregados, pelo conjunto das crenças metafísicas e, inclusive, por motivos estéticos.

O termo anarquismo causa temerosidade ao direcionar na mente uma imagem de crítica aos métodos e não possibilitar um método, uma vez que a sociedade está tão condicionada em seguir um padrão de validação racional científico. Esse contexto traz a lembrança um livro pedagógico, que ilustra a estória de uma menina, que ao receber a primeira atividade na escola, resolveu colori-la de acordo com sua imaginação. Sua pintura era ilustrada com flores e paisagens, porém, com cores fora do padrão de “normalidade” visual do real. A professora insistiu que a pintura estava errada, que não existiam flores na cor que a menina havia pintado. Depois de muito insistir, a menina realizou a atividade novamente. Realizou a atividade conforme o padrão vigente. Nunca mais aquela menina pintou flores de azul ou verde e muito pior, nunca mais ousou seguir sua interpretação de mundo, mas sim o padrão vigente.

Feyerabend (1977) retrata este condicionamento na sociedade moderna:

A sociedade moderna é copernicana, mas não porque a doutrina de Copérnico haja sido posta em causa [...] é copernicana porque os cientistas são copernicanos e porque lhes aceitamos a cosmologia tão acriticamente quanto, no passado, se aceitou a cosmologia de bispos e cardeais (FEYERABEND, 1977, p. 456).

A citação de Feyerabend retrata o quanto à sociedade moderna está condicionada à ciência, como no passado estava aos dogmas da Igreja. Esse fato demonstra a falta de consenso entre a expectativa do indutivismo e da racionalidade do Paradigma da Ciência Moderna, e ainda entre, os objetivos apresentados pelos positivistas lógicos com a ciência

construída ao longo dos anos que seguiram. No entanto, tais acontecimentos servem para uma análise crítica da ciência e não para provocar um anarquismo extremo que fuja de todas as filosofias e métodos.

Em 1993, Feyerabend ao discutir com maior detalhe a racionalidade descreve que:

Um anarquista ingênuo diz a) que tanto as regras absolutas como as regras dependentes do contexto têm seus limites e conclui b) que todas as regras são inúteis e devem ser postas de lado. [...] embora concorde com a), não concordo com b). Sustento que todas as regras têm os seus limites e que não existe uma “racionalidade” englobante. Não sustento que devemos proceder sem regras nem critérios (FEYERABEND, 1993, p. 314).

As regras, programas ou paradigmas, existem e os cientistas trabalham dentro de seu enfoque, no entanto conforme Feyerabend (1977), não existem condições duradouras que possam limitar a investigação científica. E mais, não existem razões objetivas para preferir a ciência e o racionalismo ocidental a outras tradições. O que deve acontecer é a quebra da herança de uma ciência neutra e infalível, que produz verdades às quais a sociedade se submete. Nas palavras de Foucault (1977, p. 60), “a produção de verdade é inteiramente infiltrada pelas relações de poder”, ou seja, a verdade é uma forma de poder.

A ciência moderna gerou um modelo de racionalidade que se consolidou no Paradigma da Ciência Moderna, intitulado por Sousa Santos (1988) de Paradigma Dominante, o qual acredita em uma ciência racional que produz verdades absolutas, conceito este construído a partir da Revolução Científica. No entanto, este paradigma demonstra atravessar uma profunda crise, pois conforme Sousa Santos (1988): “a ciência não é a única explicação possível da realidade e não há sequer qualquer razão científica para considerá-la melhor que as explicações alternativas da metafísica” (SOUSA SANTOS, 1988, p. 19).

### **1.2.3 Paradigma da Ciência Moderna, Contemporâneo ou Transitório?**

A visão de Paradigma da Ciência Moderna, iniciada no século XVI com a Revolução Científica e consolidada no século XX com o Círculo de Viena e o positivismo lógico, criou um método muito eficiente de produção científica, baseado nos testes e experimentações como critério de verdade. Esse paradigma alcançou a ciência do século XX, favorecendo uma aceleração fascinante nas pesquisas. Mas afinal, esse paradigma está em vigência no século

XXI? O momento atual está representado por um novo paradigma: o Paradigma da Ciência Contemporânea? Ou será que a ciência atravessa o que Kuhn (1998) ao tratar das ciências particulares caracteriza como uma transição paradigmática?

Alguns autores, entre os quais pode ser destacado, Lampert (2005) e Sousa Santos (2002), ousam apostar no despertar de um novo paradigma na ciência, o Paradigma da Ciência Contemporânea. Esse paradigma teria se desencadeado mediante alguns sinais de exaustão do Paradigma da Ciência Moderna. Entretanto, cabe ressaltar que, é necessário um período de tempo significativo, para que um paradigma seja derrubado e outro se levante. Nesse período de tempo se estabelece o que Kuhn (1998) denomina de uma crise paradigmática, ou seja, uma transição entre paradigmas, onde há indícios de exaustão do paradigma vigente, sinalizando o despertar do paradigma emergente. Nessa perspectiva, o momento atual parece indicar a presença na ciência de um período epistemológico transitório entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea.

Moles (1981) ao se reportar a contemporaneidade, destaca como um dos enfoques desse período o retorno à aproximação entre filosofia e pensamento científico, característica própria do Paradigma da Ciência Contemporânea. Nas palavras de Moles (1981):

Há pois de fato uma aproximação entre o pensamento filosófico e pensamento científico que convergem de novo. O cientista deu-se conta, não somente de que o desenvolvimento mais recente da ciência não trazia nenhum apoio ao materialismo mecanicista tradicional que, sob o nome de cientificismo, lhe parecera a secreção natural da experiência científica, mas, ainda de que esse deslocamento não favorecia de modo algum a unicidade de uma concepção filosófica qualquer que se veria por isso consagrada (MOLES, 1981, p. 5).

Moles (1981) e Sousa Santos (1988) sinalizam como marco do início da desestabilização do Paradigma da Ciência Moderna: o desenvolvimento da teoria da Relatividade e da Microfísica, o enunciado do princípio da incerteza de Heisenberg e do princípio de complementaridade de Bohr, os quais por sua vez, encetaram nitidamente a reunião da ciência e da metafísica.

No olhar de Moles (1981) a ciência nos últimos séculos perpassou três tipos de verdades científicas definidas em três estágios de desenvolvimento científico: a ciência do certo, a ciência do provável e a ciência do percebido. Esses estágios serviram como uma transição entre o positivismo e certo relativismo. O autor caracteriza a ciência do certo no século XIX, com a crença em um mundo descrito em sua totalidade, e, portanto, destituído do

papel do acaso e da incerteza. Quanto a ciência do provável, Moles (1981) a caracteriza dentro do pensamento moderno, construída sobre o aspecto estatístico do mundo real.

Na perspectiva de Moles (1981), a ciência atravessa, desde o século XX, o momento do *percebido*, imbuída de um retorno idealista, caracterizado pela afirmação de Nietzsche de que “não podemos compreender senão um Universo moldado por nos mesmos” (*apud* MOLES, 1981, p. 15). Essa *ciência do percebido* parte da busca de explicações complexas, as quais o Paradigma da Ciência Moderna não tem como comportar. Esse novo paradigma surge em consequência dos próprios resultados desencadeados pelas teorias da ciência, quando então, as verdades inquestionáveis do Paradigma da Ciência Moderna esbarraram nas incertezas e nas imprevisibilidades, bem como, no confronto entre o determinismo e a complexidade (MORAES, 1997; BEHRENS, 2003).

Sousa Santos (2002) afirma ter percebido um desgaste epistemológico no paradigma vigente retratando que:

[...] em meados da década de 1980, comecei a usar as expressões pós-moderno e pós-modernidade, fi-lo no contexto de um debate epistemológico. Tinha chegado a conclusão que a ciência geral e não apenas as ciências sociais se pautavam um paradigma epistemológico e um modelo de racionalidade que davam sinais de exaustão, sinais tão evidentes que podíamos falar de uma crise paradigmática. Esse paradigma, cuja melhor formulação tinha sido o positivismo em suas várias vertentes [...] (SOUSA SANTOS, 2002).

Nessa transição paradigmática, o mecanicismo e o determinismo da ciência positivista esbarram na complexidade e subjetividade dos fenômenos humanos e sociais. O veto positivista às ciências humanas, isto é, a negação do caráter de cientificidade àquilo que não pertence às ciências naturais, passa a ser questionado (MOLES 1995).

A possível ruptura entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea assinala um período histórico, que busca questionar as noções clássicas da verdade, da razão, da identidade e da objetividade, da idéia de progresso e dos sistemas únicos de explicação, ou seja, trata-se de um contra-positivismo (LAMPERT, 2005).

### 1.3 CONSIDERAÇÕES

Este capítulo busca retratar as diferentes formas de produzir conhecimento, por meio de seus métodos peculiares. Essa produção de conhecimento científico, porém, foi permeada por concepções filosóficas que nortearam seus trabalhos. As concepções filosóficas da

Antiguidade influenciaram a maneira de se construir ciência atingindo até a Revolução Científica, quando, a quebra do Absolutismo propiciou um cientificismo que mudou o rumo da produção científica, originando um forte paradigma, o Paradigma da Ciência Moderna.

Esse paradigma, caracterizado pela validação por meio do método empírico, se manifestou pelo denominado positivismo, bem como, por uma concepção linear e cumulativa de conhecimento. A durabilidade e convicção desse paradigma alcançaram os últimos dias do século XX, retratada pela tendência reducionista e determinista para com a ciência. Entretanto, como pode ser observado no último sub-item, alguns autores consideram o final do século XX e início do século XXI, como o início de um novo paradigma, o Paradigma da Ciência Contemporânea, mencionado por alguns autores, entre eles, LAMPERT (2005) e SOUSA SANTOS (2005), como Paradigma da Ciência Pós-Moderna.

Em contrapartida, Kuhn (1998), ao discutir a quebra de paradigmas, ressalta a existência de um período de transição entre o paradigma em declínio e o paradigma em ascensão. Portanto, será que o atual momento da ciência, retrata qual período epistemológico? Possíveis indícios de crise no Paradigma da Ciência Moderna sinalizam o surgimento do Paradigma da Ciência Contemporânea? Diante dessas conjecturas, deve ser salientado que a queda de um paradigma é mediada por um período transitório, em que, alguns pesquisadores se comportam firmemente no paradigma dominante, outros no paradigma emergente, e outros ainda, apresentando transições paradigmáticas em suas construções.

Lampert (2005) responsabiliza a ruptura do Paradigma da Ciência Moderna devido ao seu não cumprimento de grande parte dos objetivos idealizados, como a resolução de muitos problemas da humanidade, que por sua vez creditou na ciência “todas as suas fichas”. Essa frustração pode ser percebida em frases como “o que a ciência diz que é veneno hoje, amanhã diz ser remédio”. Esse tipo de comentário muito comum entre a população leiga retrata uma expectativa intensa para com a ciência, que por sua vez tem sido alvo de uma possível transição paradigmática, possibilitando o surgimento de um possível Paradigma da Ciência Contemporânea.

Essa frustração entre expectativas e resultados, que evidenciam uma possível crise no Paradigma da Ciência Moderna pode ser ilustrada na biologia, no campo da genética. Durante sua história, a genética foi marcada por rupturas e discontinuidades, não se caracterizando apenas pela acumulação de conhecimentos. Entretanto, apesar dessa discontinuidade acontecer, Kuhn (1998), acredita que a ciência, em grande parte do tempo, trabalha com perspectivas nas quais o paradigma vigente possa responder.

No campo da genética, a partir de meados do século XX, as pesquisas aceleraram velozmente, pautadas no dogma central do modelo de dupla-hélice, que por sua vez, fortaleceu uma imagem física para o gene. Esses valores de conceitos gênicos possibilitaram grandes avanços, apresentando uma sucessão de resultados aparentemente, mais cumulativos do que descontínuos. Pesquisas embasadas nesses conhecimentos propulsionaram o desencadeamento do Projeto Genoma Humano (PGH), na busca do entendimento do seqüenciamento gênico e a cura de doenças.

Entretanto, os resultados do PGH, evidenciados ao final do século XX e início desse século, possibilitaram o despertar para as limitações da ciência e, ainda, a ruptura de conceitos e da ingênua linearidade do progresso científico. Os dados obtidos com o PGH revelaram uma quantidade de genes não compatíveis com a relação até então estabelecida com o nº de proteínas, demonstrando uma possível crise no conceito de gene (KELLER, 2002).

O PGH e o desencadear de uma desestabilização nos pilares do conceito de gene, se mostram como a ilustração de uma transição entre as características de uma ciência construída entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea. Nessa perspectiva, o próximo capítulo trará a contextualização histórica da hereditariedade, retratando seus diversos períodos e peculiaridades científicas, como o esboço de um retrato de uma transição epistemológica na biologia, que por sua vez, pode comportar-se como consequência da transição paradigmática na ciência em sua amplitude.

## 2. CIÊNCIA, GENÉTICA E EPISTEMOLOGIA

Na trajetória científica identifica-se que a tradição epistemológica sempre se reportou à necessidade de a teoria estar em correspondência com a realidade. Kuhn (1998) considera que a ciência normal parece uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se na moldura pré-formada e relativamente inflexível fornecida pelo paradigma (KUHN, 1998).

Um exemplo dessa tentativa de encaixar as observações dentro do paradigma da comunidade científica vigente pode ser observado no século XVIII, entre os cientistas adeptos da teoria pré-formationista do desenvolvimento embrionário. Esses cientistas acreditavam existir um ser pré-formado no espermatozóide humano, ao passo que utilizando os microscópios da época, descreviam ver literalmente pequenos ‘homúnculos’ inseridos nessas estruturas. Entretanto, mesmo diante desses microscópios, os cientistas adeptos da doutrina vitalista, baseados em observações semelhantes, negaram fundamentalmente a teoria pré-formationista (BASTOS, 1998). Esse fato demonstra o quanto à observação pauta-se em um ato interpretativo, o qual recebe influências de teorias e expectativas do cientista. Portanto, não há neutralidade ingênua nos olhos do observador, pois seu olhar está imerso no paradigma de sua comunidade científica.

Na busca de uma contextualização histórica da ciência, no que se refere à hereditariedade e ao conceito de gene, o modelo epistemológico da ciência, desenvolvido por Kuhn, tem um papel importante ao opor-se a uma visão superficial e pré-fabricada de uma ciência linear e genuína, assentada em uma perspectiva empirista de que as leis e princípios, enunciados pelas teorias científicas, estão codificados *a priori* nos fenômenos da natureza.

O processo de produção de conhecimentos científicos envolve, em muitos momentos, a reformulação ou a substituição de hipóteses e teorias, anteriormente vigentes, ou seja, o avanço da ciência nem sempre ocorre de modo linear, por mero acúmulo de conhecimentos, mas envolve rupturas e mudanças de rumo. De acordo com o modelo desenvolvido por Kuhn (1998), a ciência alterna períodos de crise, mudança – revoluções científicas, e de relativa calma, caracterizado pelos períodos em que o paradigma vigente consegue dar suporte para todas as pesquisas em trâmite.

Na história da genética, como em todos os ramos da ciência, aconteceram rupturas e discontinuidades no conhecimento e não apenas o acúmulo de informações, pela justaposição linear. O processo de produção de conhecimento na ciência foi consideravelmente estimulado por situações conflituosas em que hipóteses, modelos e leis receberam contestações em



função do surgimento de novos fatos e modelos. Muitas teorias e modelos genéticos vigentes, como as leis de Mendel e o evolucionismo de Darwin, aconteceram por meio de revoluções científicas, caracterizadas pela ruptura de teorias anteriores, isto é, por um avanço descontínuo (BASTOS, 1998).

A teoria da hereditariedade de Mendel, por exemplo, gerou uma refutação da teoria da “pangênese”, segundo a qual a atividade sexual implicava a transferência de gêmulas, ou miniaturas dos órgãos do corpo. Essa teoria foi concebida por alguns dos antigos filósofos gregos, como Hipócrates, e ressurgida em uma versão modificada, no segundo meado século XIX, na mesma época de Mendel, por Charles Darwin, ao tentar explicar a origem das variações genéticas para dar respaldo a sua teoria de evolução por meio da seleção natural (FREIRE-MAIA, 1995; WATSON e BERRY, 2005).

Vale acrescentar que, assim como a ciência em sua amplitude, a genética durante sua construção histórica, atravessou “ciclos de humor, com períodos de otimismo seguidos de períodos de depressão” (JACOB, 1998, p. 91), ou seja, momentos de expectativas e muros epistemológicos, onde visivelmente foram necessárias rupturas conceituais, para que a ciência conseguisse continuar seu percurso.

Diante desse cenário, esse capítulo pretende identificar a presença de rupturas e discontinuidades na formação do conhecimento genético, e, por conseguinte, no conceito de gene. Para tanto, os tópicos seqüentes buscam demonstrar os principais acontecimentos que permearam a história e epistemologia da hereditariedade desde a Antiguidade, como o anseio entre os gregos pela compreensão da transmissão das características hereditárias, até o século XXI, período caracterizado pelos debates em torno das pesquisas genômicas.

## 2.1 A HEREDITARIEDADE PARA OS GREGOS

A genética torna-se ramo da Biologia no século XX, porém a curiosidade em entender o processo de transmissão das características hereditárias data desde a antiguidade, representada nessa dissertação pela civilização da Grécia Antiga.

Nos relatos históricos da cultura dos povos antigos, os gregos distinguem-se pelo desenvolvimento do pensamento reflexivo e pela atitude especulativa e dialética perante os fatos sociais e fenômenos naturais, possibilitando-lhes a formulação de hipóteses e a

elaboração de teorias à cerca da organização política e social, da arte, dos fenômenos físicos e biológicos, dentre os quais a hereditariedade (MAYR, 1998).

A hereditariedade não era vista pelos gregos como algo misterioso e sobrenatural, mas, por meio de conjecturas, reconheciam que a união sexual era a chave para a solução de seu enigma e, provavelmente, formulavam indagações sobre os seus mecanismos ao perceberem que parentes próximos tendem a ser parecidos entre si (WATSON, BERRY, 2005).

Anaxágoras de Clazômena (500-428 a.C) acreditava que existia uma mistura primitiva, denominada magma, que continha sementes (spermata) de todas as coisas do universo, em número infinito, todas qualitativamente diferentes umas das outras, sendo tais diferenças essenciais, constitutivas de todas as coisas. Na sua concepção somente o macho contribui com o sêmen, possuindo um protótipo em miniatura de cada órgão ou parte do corpo do futuro indivíduo, ao passo que a mulher apenas pode gerar e nutrir este ser pré-formado (PAPAVERO, 2000).

Parmênides (544-450 a.C.) propôs um mecanismo bastante elaborado para explicar os fenômenos da hereditariedade. Em seu mecanismo, o sêmen (tanto do macho como da fêmea) se forma predominantemente a partir do lado direito ou do lado esquerdo do corpo, propondo desse modo a “teoria do direito e esquerdo”, segundo a qual o lado do corpo onde o sêmen é produzido, bem como o lado do corpo no qual o bebê é gerado, influencia diretamente no sexo e nas características somáticas da criança: o lado direito, notavelmente masculino e o lado esquerdo, por sua vez, feminino.

[...] se o sêmen produzido predominantemente pelo lado direito do pai penetrasse no útero materno, resultaria um filho com características somáticas do pai; se o sêmen produzido pelo lado esquerdo do pai penetrasse no útero materno, resultaria também um filho, mas com caracteres somáticos da mãe (PAPAVERO, 2000, p. 81).

Outro filósofo grego, Empédocles de Acragas (490-432 a.C.), sugeriu pela primeira vez na história, um esboço da teoria da Seleção Natural por meio de uma reprodução diferencial, propondo ainda que, a determinação do sexo dos bebês depende da temperatura do útero materno: útero quente resulta em homens, útero frio, em mulheres. Já na concepção de Demócrito (470-380 a.C.), os semens de ambos os pais contem átomos, derivados de todas as partes do corpo, que se combinam ao acaso constituindo o novo ser.

Dentre os escritos da Grécia antiga, as hipóteses de Hipócrates (460 – 370 a.C.) e Aristóteles (384-322 a. C.) sobre a hereditariedade foram as mais aceitas e propagadas pelas pessoas e muitos estudiosos da Idade Média ao século XIX.

Hipócrates de Cós, nascido por volta de 460 a.C, foi considerado o pai da medicina. Sua teoria combina as teorias de Parmênides e Empédocles, ou seja, o lado direito do útero determina o sexo masculino por ser mais quente, devido à maior irrigação sanguínea. Entre suas teorias, está também à hipótese chamada Pangênese, na qual cada órgão ou parte do corpo produziria partículas hereditárias, denominadas de gêmulas, que migrariam para o sêmen do macho e da fêmea por meio do sangue e, posteriormente, seriam transmitidas para a descendência. “Como o sêmen provém de todas as partes do corpo, partículas sadias virão de partes sadias, e partículas malsãs de partes malsãs” (PAPAVERO, 2000, p. 84). Esta hipótese possibilitou posteriormente, a explicação do processamento da herança de caracteres adquiridos, persistindo por muitos séculos, e sendo utilizada até mesmo por Darwin, em 1868, em seu livro *Variação em animais e plantas e a domesticação* (HENIG, 2001).

Aristóteles (384-322 a.C.), provavelmente, seja o personagem que por mais tempo, em todo o mundo, influenciou no fazer filosofia e fazer história da humanidade, anunciando assim uma nova era na ciência grega (CHASSOT, 2004; RONAN, 1987).

Segundo Mayr (1998), Aristóteles se caracteriza pela procura de causas, não se satisfazendo em saber o “como” e ousando em formular “porquês”. Para Aristóteles, os organismos vivos não se originam de matéria bruta, havendo, portanto, a presença de um princípio ativo. Ao princípio ativo, que desempenhou em seu pensamento o mesmo papel que exerce o programa genético na Biologia Moderna, chamou de *eidós*. Na base de sua teoria da hereditariedade, creditou ao sêmen do macho o fornecimento do princípio gerador da forma (*eidós*) e o sangue menstrual (catamenia) da fêmea a substância a ser moldada pelo *eidós* do sêmen masculino. Em sua teoria a fêmea forneceria a matéria básica que iria constituir e nutrir o ser em formação, enquanto que o macho forneceria, pelo seu sêmen, a “essência”, transmitindo-lhe a alma, fonte da forma e do movimento.

Na concepção aristotélica, a teoria da Pangênese apresenta evidências positivas e contrárias. Entretanto, para Aristóteles os argumentos contrários apresentam-se superiores. Aristóteles questionava como as semelhanças entre pais e filhos como voz, forma de andar e comportamento, as quais não se restringem à estrutura corporal, e ainda, características presentes nos avós, mas ausentes nos pais, poderiam produzir gêmulas (PAPAVERO, 2000).

Cabe destacar que, as hipóteses aristotélicas de que a contribuição de macho e fêmea seria diferente, mostraram-se posteriormente errôneas. Entretanto, Aristóteles apresentou-se a frente de seu tempo ao rejeitar que o produto sexual do macho fosse um animal minuscavelmente pré-formado, como mais tarde foi admitido por alguns autores dos séculos XVII e XVIII.

As questões aristotélicas do “por que” desempenharam um importante papel heurístico na história da Biologia, sendo o “porque” a questão mais importante exposta pela Biologia Evolutiva. No entanto, a crença de Aristóteles em um mundo essencialmente perfeito excluía a possibilidade de uma evolução biológica (MAYR, 1998).

Por volta de 478 a.C nasce a teoria atômica grega, tendo por primeiro atomista Leucipo que teve por aluno fiel Demócrito. Na base da teoria de Leucipo-Demócrito há duas coisas: “os átomos e o vácuo”<sup>17</sup> (MICHEL, 1959). Tal teoria foi bem aceita e citada em um longo poema expositivo escrito por Lucrécio no século I a.C. (HORTA BARBOSA, 1963). Lucrécio, por sua vez, com base em idéias atomistas propôs uma teoria qualitativa, segundo a qual as características dos cabelos, da voz, da face, e de outras partes do corpo, são determinadas pela mistura de átomos contidos na semente herdada dos ancestrais (RONAN, 1987).

Os gregos formularam questões que se constituíram no objeto das grandes discussões e controvérsias genéticas do século XIX e XX. Várias questões envolvendo a natureza da fertilização, o material transmitido durante a cópula e responsável pela concepção, a origem espontânea dos seres vivos, reprodução sexuada, a contribuição dos genitores nas características dos filhos, o local de formação do sêmen, a determinação do sexo da prole e o efeito do uso e desuso de partes do corpo, bem como do ambiente ou outros fatores nos caracteres adquiridos, têm referência em questões deixadas pelos gregos (MAYR, 1998).

---

<sup>17</sup> “átomo e vácuo”:os atomistas desenvolvem para o vácuo a noção de vazio absoluto, depurado de todo conteúdo material, considerado como infinito em extensão, oco e impenetrável; os átomos: infinitos em número, diferiam pelo tamanho, forma e disposição ao se ligarem uns aos outros para constituírem os seres e coisas quaisquer. *Vide*: HORTA BARBOSA, L. H. **História da Ciência**. Rio de Janeiro: IBBD, 1963, p. 18-19.

Indica-se a leitura:

**MICHEL P.H.** A Ciência Helênica. In: MICHEL P.H, BOURGEY L, BEAUJEAU J, BLOCH R, ITARD J, TATON R. (orgs.). *História Geral das Ciências: A Ciência Antiga e Medieval*. 2 volume; Tradução de Ruy Faustove Gita K. Ghinzberg. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1959, p. 20-21;

**CHASSOT, A.** *A Ciência através dos Tempos*. São Paulo: Editora Moderna, 2ª ed. 2004, p. 43-44;

**RONAN, C.A.** *História Ilustrada da Ciência*. Universidade de Cambridge. Tradução Jorge Enéas Fortes. São Paulo: Jorge Zahar Editores, 1987. v. I.

Grande parte dessas questões introduzidas pelos gregos foi, posteriormente, trabalhada por pesquisadores como Lamarck e Darwin, no século XIX (HENIG, 2001). De acordo com Chassot (2004), nenhum povo da Antigüidade influenciou tão decisivamente a civilização ocidental como os gregos, que apresentaram uma evolução filosófica e científica bem desenvolvida, envolvidos por grande curiosidade intelectual e uma tendência à reflexão que os impeliam a contrastar as idéias de cada um com as idéias dos demais.

## 2.2 HEREDITARIEDADE: DO APOGEU DA GRÉCIA AOS FATORES MENDELIANOS

Durante cerca de 2000 anos depois de Aristóteles e dos atomistas gregos, quase nada de novo foi acrescentado ao assunto da hereditariedade. Desde Hipócrates até o século XIX, a teoria mais aceita foi a da Pangênese, a qual será discutida no próximo tópico deste capítulo.

Por volta do século III a.C, quando a Grécia perde sua hegemonia política pela dominação romana, a cidade de Alexandria torna-se a grande metrópole do conhecimento científico, perdurando até nos séculos que antecederam a era cristã e mesmo em seu início. Esse centro de estudos avançados constituiu-se o ponto focal da nova cultura helenística, atraindo muitos estudiosos durante vários séculos (RONAN, 1987).

Alexandria, como grande metrópole do conhecimento científico, teve a biblioteca mais célebre da Antigüidade, fundada por Ptolomeu I Sóter e desenvolvida por seu filho, Ptolomeu II Philadelphus. Estima-se que a biblioteca tenha reunido mais de 700 mil rolos de papiros selecionados por filósofos, matemáticos, pesquisadores de diferentes áreas e tradutores, além de possuir uma grande academia onde os sábios debatiam suas teses. Conforme Chassot (2004), a parte principal da Biblioteca de Alexandria, que ficava no bairro de Brúquio, foi incendiada totalmente em 47 a.C, quase trezentos anos depois de sua fundação, durante as batalhas que renderam aos romanos a posse do Egito. Ao retirar-se da cidade César deu-a a Cleópatra, que também teria recebido 200 mil rolos da Biblioteca de Pérgamo. A biblioteca foi mais uma vez incendiada em 269 d. C., e totalmente dilapidada em 415 d.C.

Paralelo a tais fatos, acontece o crescimento de uma pequena seita judaica, o cristianismo, tornando-se a partir do século IV, após a conversão de Constantino, o Grande, em 312, a religião oficial de Roma. Com a ascensão do cristianismo, sacerdotes e bispos

investidos de uma autoridade e um poder que antes lhes eram negados, contribuíram para a destruição da biblioteca de Alexandria (RONAN, 1987).

Alexandria, como centro cultural e científico, passa a representar uma ameaça à evangelização cristã, uma vez que para os cristãos, a ciência, no mínimo significava voltar às fontes gregas, aos ensinamentos pagãos. Desse modo, tornava-se prudente deixar de lado a ciência para que a mente não ficasse contaminada de idéias perigosas, prejudicando a mente cristã. Esta nova visão de mundo cristão contribuiu para que, Hipácia, primeira mulher reconhecida como cientista, fosse assassinada brutalmente, em 415 d.C, quando a Biblioteca foi queimada por instigação de monges cristãos, que a viam como um centro herético. Em 640 d.C., com a invasão islâmica, a famosa Biblioteca foi novamente incendiada e definitivamente extinta (CHASSOT, 2004; RONAN, 1987; CANFORA, 1989).

Por volta de 476 d.C. com a queda do Império Romano, inicia-se a Idade Média que se estendeu até 1453 d.C, com a tomada de Constantinopla pelos turcos. A Idade Média recebeu dos renascentistas as denominações de “a grande noite de mil anos” ou “idade das trevas”, ao se referirem a um período intelectualmente obscuro, estagnado pelo catolicismo.

Com o fortalecimento do catolicismo, a ciência, perde espaço, para a teologia dogmática. Nas gerações sucessivas, em decorrência das controvérsias entre cristãos e hereges, a ciência molda-se pouco a pouco a doutrina religiosa cristã. Nesse momento, a doutrina cristã passa a tomar decisões contrárias à cultura secular, identificando-a como paganismo. Em 529 d.C, por ordem do imperador Justiniano, as escolas de filosofia gregas foram fechadas, inclusive a academia que fora fundada por Platão e o liceu de Aristóteles (CHASSOT, 2004).

Com a posse da herança cultural greco-latina, resguardada em seus mosteiros, a Igreja começa a exercer influência não apenas na educação, mas também nos princípios morais, intelectuais, políticos e jurídicos. Durante este longo período, “[...] os mosteiros assumiram o monopólio da ciência” (ARANHA, 2006, p. 106), reinterpretando-a à luz do cristianismo. Na perspectiva filosófica cristã, os processos e fenômenos naturais, inclusive a hereditariedade, tratam-se exclusivamente de atribuições divinas.

Com a tradução da Bíblia por São Jerônimo (341-420 d.C.), a Ciência sofre grande influência quanto à concepção de hereditariedade. Algumas dessas concepções, presentes nos livros da Bíblia, são retratadas por Wallace (2002) no primeiro capítulo de seu livro “A Busca do Gene”, intitulado “Semelhança gera Semelhança...”.

Uma das passagens bíblicas, analisadas por Wallace, extraída do capítulo 30 do livro Gênese, refere-se às credices do povo judaico, representadas pela a atitude de Jacó ao tentar

controlar os mecanismos da transmissão hereditária da característica cor da pelagem em ovelhas e cabras. Jacó, tendo cuidadosamente zelado pelo rebanho do sogro para que ficassem mais numerosos, queria voltar para seu próprio país. Entretanto, ele foi persuadido por seu relutante e esperto sogro e tio, Labão, a permanecer e cuidar dos rebanhos durante mais um ano. Ao invés de receber um salário, Jacó propôs o seguinte:

Nada me darás; tornarei a apascentar e a guardar o teu rebanho se me fizeres isto. Passarei hoje por todo o teu rebanho, separando dele todos os salpicados e malhados, e todos os morenos entre os cordeiros, e os malhados e salpicados entre as cabras; e isto será meu salário. Assim testificará por mim a minha justiça no dia de amanhã, quando vieres e o meu salário estiver diante de tua face; tudo o que não for salpicado e malhado entre as cabras e moreno entre os cordeiros, ser-me-á por furto (GENESIS 30:31-33)

Diante da proposta do genro, Labão astutamente removeu dos rebanhos todas as cabras listradas e pintadas, assim como aquelas que tinham manchas brancas em seus pêlos, e todos os carneiros de cor marrom: esses ele deu aos seus filhos. Essa separação deixou Jacó apenas com os animais que ele não poderia manter como seus. Além disso, Labão separou os dois rebanhos – o de Jacó, e o seu e de seus filhos – por três dias de viagem, evitando qualquer cruzamento. Jacó então “tomou varas verdes de álamo, de avelereira e de castanheiro, e descascou nelas riscas brancas, descobrindo a brancura que nas varas havia” (GEN 30: 37). Essas hastes com pontos e listras foram então colocadas ao redor dos bebedouros onde os animais no cio podiam vê-los. Os cordeiros de cor marrom foram separados para Labão. Os animais fracos também foram separados para o sogro, mas os animais fortes foram forçados a se acasalar na presença das hastes listradas. De acordo com o relato bíblico, “cresceu o varão em grande maneira, e teve muitos rebanhos, e servas, e servos e camelos, e jumentos.”

Nas palavras de Strathern (2001, p.9), “[...] Jacó tinha um método para assegurar que suas ovelhas e cabras dessem crias manchadas e pintadas [...]”. Provavelmente, o efeito desejado teria sido obtido por meio da segregação e recombinação de alelos responsáveis pela cor da pelagem.

Conforme Jacob (1985), da Antiguidade à Renascença, o conhecimento do mundo vivo e da hereditariedade pouco mudou. As descrições de Cardan, Fernel ou Aldrovande sobre os seres vivos, datadas do século XVI, constituem-se em repetições, pouco diferenciadas, do que Aristóteles e Hipócrates já diziam sobre esse fenômeno. O período da Renascença, compreendido entre os séculos XV e XVI, caracteriza-se pelo esforço de superar

o teocentrismo e promover o retorno dos valores greco-romanos, enfatizando-se as concepções antropocêntricas humanistas (ARANHA, 2006).

A mudança no modo de ver a natureza passa a ser expressa com perfeição nas obras de arte, que constituíram um importante legado para a biologia (CHASSOT, 2004). Tanto os botânicos como os zoólogos começam a observar a natureza com outros olhos, ilustrando suas descrições com desenhos ricos em detalhes. Grande parte dessas publicações referia-se a classificações de animais e plantas. No entanto, assim como na física, a produção de conhecimentos científicos foi pouco significativa na biologia nesse período. Os maiores progressos da ciência na Renascença ocorreram na matemática.

Segundo Futuyma (1992), as ciências médicas também foi ponto de interesse no período Renascentista, mas era ensinada nas escolas médicas medievais de forma muito tímida. Um cientista que se destacou nessa área foi André Vesalius (1514-1564), um dos principais responsáveis pelo aperfeiçoamento da técnica de dissecação. Neste período trabalhou na Universidade de Pádua, permanecendo por um longo período, ministrando aulas de anatomia, dissecando cadáveres diante de seus alunos (RONAN, 1987).

Vale ressaltar que, nessa época o modelo de circulação sanguínea vigente era ainda do romano Galeno, datado do século II. No modelo de circulação sanguínea de Galeno, ocorria no coração uma mistura de sangue e ar que acendia uma espécie de “fogo cardíaco”, responsável pelo refinamento do sangue, o que explicava porque o sangue que entrava do lado direito do coração seria vermelho escuro e saíria pelo lado esquerdo vermelho vivo. Outro ponto, interessante em suas hipóteses está no fato de utilizar metáforas, portanto, o “fogo cardíaco” era responsável pelo refinamento do sangue, como o “fogo das grandes fornalhas romanas” era responsável pelo refinamento de minérios na Roma Antiga (CAMPOS, NIGRO, 1999).

Vesalius ao realizar várias dissecações, observou que a descrição do modelo vigente de Galeno possuía contradições. Para tanto, testou a teoria de Galeno, observando se realmente havia canais no septo cardíaco pelos quais o sangue “refinado” chegava ao lado esquerdo do coração. Em seus testes, realizou um experimento no qual, utilizando minúsculas cerdas de um animal, mergulhou-as numa solução, colocando-as do lado direito de um coração, esperando algum tempo para averiguar se as cerdas passavam para o outro lado do órgão (BRAGA, GUERRA e REIS, 2004).

De maneira lógica e moderna, a conclusão seria que, caso as cerdas passassem, os canais existiam, de forma contrária, indicaria que não havia canais, e, por conseguinte a teoria de Galeno deveria ser repensada. No entanto, considerando o momento histórico científico e o



fato da teoria se mostrar fortemente aceita na sociedade, Vesalius ao verificar que as cerdas não passaram pelos supostos canais, copiou a explicação de que os canais do septo do coração deviam ser tão pequenos que não permitiram a passagem de cerdas do tamanho utilizadas no experimento.

Apesar dos experimentos de Vesalius terem potencial para verificar que a teoria vigente de Galeno não era correta, não serviu para sua eliminação. Tal fato se deu, primeiramente pela resistência que há entre as comunidades científicas em abrir mão de um paradigma vigente (KUHN, 1998), como no caso, a teoria galeniana. E, em segundo lugar, pelo fato de Vesalius não possuir nenhum modelo sobre o funcionamento do coração que pudesse substituir o de Galeno, o que fez com que somente interpretasse seus resultados de modo a não negar as idéias de Galeno (CAMPOS, NIGRO, 1999).

Essa situação revela a insistente resistência entre os paradigmas vigentes nas comunidades científicas, o que para Kuhn (1998), se justifica pelo fato de se deterem a resolver apenas os problemas nos quais seus paradigmas possam resolver. Nesse caso, o paradigma galeniano, ainda permitia a resolução dos problemas vigentes. Entretanto, apesar de Vesalius não refutar publicamente a teoria de Galeno, seus estudos abriram espaços para o início de um questionamento bastante fecundo da obra de Galeno. Esse ambiente de contestação permitiu que, posteriormente o médico inglês William Harvey (1578-1657), propusesse um novo modelo de circulação, o qual quebrou o paradigma galeniano.

No que se refere à hereditariedade, apesar das descobertas científicas de muitos dos elementos químicos, as quais, posteriormente, contribuíram para a elucidação dos mecanismos da hereditariedade, ainda prevalecia no período da Renascença a idéia, oriunda da Antiguidade, de que o sêmen se originava do excesso de alimentos ou de partículas segregadas por todas as partes do corpo. De acordo com Wallace (2002, p. 18), “os cientistas da Renascença imaginavam que o sêmen, ou se formaria no cérebro ou lá seria depositado pelo sangue, quando então seria transferido para o pênis através da medula espinhal.”

Ainda nesse período, porém, a concepção dos antigos gregos sobre a superioridade da contribuição do macho para a expressão das características da prole foi refutada por Leonardo da Vinci, ao observar que filhos de pais negros que viviam na Europa eram negros, enquanto que uma criança nascida de uma mulher branca com um pai negro era mulata, argumentando que a semente da mãe teria força igual à do pai (WALLACE, 2002). Ao invés de ser derrubada, a idéia da superioridade do produto sexual do macho volta em cena no século XVII, nos debates entre os adeptos do pré-formismo, teoria originada das conjecturas de Anaxágoras, na Grécia Antiga.

Para Watson e Berry (2005) as diferenças entre o pré-formismo e a pangênese, consistem em que:

Enquanto a pangênese supõe que os embriões são formados a partir de um conjunto de componentes microscópicos, uma outra abordagem, o “pré-formismo”, evita completamente essa etapa de montagem do indivíduo e postula que o óvulo ou o espermatozóide (não se sabe exatamente qual; a questão permaneceu sempre polêmica) contém um indivíduo completo *pré-formado* chamado homúnculo (WATSON e BERRY, 2005, p. 19).

Quase todos os pesquisadores mais proeminentes dos séculos XVII e XVIII acreditavam na pré-formação. No entanto, apesar do fato relatado por Leonardo da Vinci e de outras observações semelhantes, a controvérsia sobre qual das células germinativas continha o minúsculo indivíduo pré-formado se estendeu durante séculos entre os pré-formistas. Para os pré-formistas espermistas, o espermatozóide carregava o homúnculo, contendo o óvulo substâncias para nutrir o embrião, enquanto que os ovistas acreditavam estar no óvulo o ser pré-formado e que o espermatozóide apenas continha nutrientes que auxiliavam no desenvolvimento desse novo ser (WALLACE, 2002; LEWONTIN, 2002).

Em contrapartida, havia outro grupo de pesquisadores, caracterizados como epigenistas. Entre os principais pontos dessa concepção está a idéia de que as partes do adulto aparecem como produtos do desenvolvimento, porém, não estão presentes como partes no começo (LEWONTIN, 2002). Em 1759, o embriologista Caspar Friedrich Wolff refuta a teoria da pré-formação, substituindo-a pela epigênese. Segundo Singer (1947), Wolff em sua obra intitulada de “Theoria generationes”, demonstra que a estrutura primária de um ser vivo não é pré-formada no ovo, organizando-se pouco a pouco por uma série de dobras, inchações, intumescências, de modo seqüencial, no tempo e no espaço, por meio de operações mecânicas.

A epigênese não conseguia explicar por que os ovos da uma galinha produziam galinhas e os de uma rã produziam rãs, nem eram capazes de explicar a diferenciação dos tecidos e das estruturas embrionárias (MAYR, 2008). Essas questões só puderam ser respondidas pelos epigenistas anos mais tarde, a partir do momento que o aprimoramento das técnicas de microscopia revelou a não existência de traços de um corpo pré-formado nos óvulos recém-fertilizados.

O desenvolvimento dos estudos da hereditariedade, assim como de toda a Biologia, avança extraordinariamente após a invenção e aperfeiçoamento do microscópio, ocorrido entre o segundo meado do século XVII e o século XIX.

Em 1677, Antony van Leeuwenhoek (1632-1723), holandês, e um dos pioneiros na construção do microscópio, por meio de apenas uma lente de amplificação máxima de 500 vezes, consegue observar pequeninos seres vivos, os quais foram denominados de microorganismos. Com o mesmo instrumento, van Leeuwenhoek e Niklas Hartsoeker distinguem no líquido espermático dos mais variados machos, “animálculos” (JACOB, 1985, p. 25) dotados de longas caudas, que nadavam febrilmente no meio líquido. Ao relacionar essas estruturas à reprodução, os estudiosos atribuem o termo espermatozóide (do grego, *spermatos*, semente; *zoon*, animal; *oide*, que tem forma de: animal do esperma) para designá-las, admitindo, ainda, a existência de um ser em miniatura no se interior.

A última hipótese é enfatizada por Hartsoeker, ao declarar ter observado um bebê, com a cabeça desproporcionalmente grande, dentro do espermatozóide humano, postulando, ainda, que somente com a ajuda da mãe o bebê poderia ‘escapar da prisão’ (Wallace, 2002). Embora, nos dias atuais, esta concepção é considerada alternativa, tal fato constituía na época uma evidência positiva. Afinal, se não havia um pequeno ser dentro de cada espermatozóide, de onde mais poderiam vir os bebês?

A idéia de que os espermatozóides participavam da reprodução passa a ser contestada por vários pesquisadores da época, que os reconhecem como micróbios parasitas do sistema genital masculino, estimulando, anos mais tarde, a tentativa frustrada de Carl Linnaeus (1707-1778) em incluí-los no seu sistema de classificação animal.

Embora fossem espetaculares as observações dos primeiros microscopistas, suas observações contribuíram para a difusão da teoria pré-formista, segundo a qual os espermatozóides e os óvulos continham no seu interior formas humanas em miniatura (homúnculos), bastando crescer para se desenvolverem em adultos (MAYR, 2008). A visão mais extrema do pré-formismo pertenceu a Charles Bonnet, ao descobrir a partenogênese em piolhos de plantas. Bonnet passa a defender que o primeiro membro de uma espécie contém pré-formados, todos os descendentes subseqüentes, cada geração dentro da anterior, até o fim dos tempos.

O equipamento óptico exigiu quase dois séculos de aperfeiçoamento antes que observações decisivas fossem feitas verdadeiramente, ajudando na busca do gene. As ambigüidades das observações feitas com dispositivos que meramente tinham “olhos de lince” levaram mais a controvérsias do que firmes conclusões (WALLACE, 2002).

Ainda no século XVII, Marcelo Malpighi (1628-1694) ao observar, por meio das lentes de seu microscópio, os estágios iniciais do desenvolvimento embrionário em ovos de galinha, conclui que essa estrutura tratava-se de um ser, pré-formado, presente no interior do

gameta, tornando-se visível, à mediada que suas partes, pré-formadas, cresciam em tamanho. No entanto, o que o cientista, na época, não teve condições de perceber, é que a estrutura que estava observando já não era mais a célula germinativa, mas o ovo fecundado. As conclusões de Malpghi, porém, contribuíram para a formação das idéias dos ovistas, que se opunham a dos espermistas, apesar de ambos os grupos acreditarem que o desenvolvimento se processasse apenas devido ao aumento das minúsculas partes pré-formadas (WALLACE, 2002; JACOB, 1985).

Vale ressaltar que, no século XVII, o único aspecto da geração ao qual havia suporte para abordar-se, devido às técnicas de resolução que o microscópio lhe conferia, era o “conteúdo da semente” (JACOB, 1985, p. 63). Essas condições despertavam questionamentos sobre o que continha a semente de cada sexo. Uma das principais indagações referia-se ao fato de certos animais porem ovos, ao passo que outros produzem seres vivos. Tais questionamentos conduziram à realização de dissecações dos corpos animais, possibilitando a identificação dos, então, chamados “testículos” das fêmeas vivíparas, nos quais foram observadas pequenas massas repletas de um líquido semelhante à claro do ovo, que amarelece após a cópula. Em fins do século XVII, o holandês, Régnier de Graaf, estabelece uma correlação entre o número dessas bolas e o dos embriões que aparecem nas trompas da matriz. Essa correlação permanece até o século XIX, quando os embriologistas mostram que as bolas notadas por De Graaf são na realidade folículos rodeando os verdadeiros ovos (JACOB, 1985).

Em meados no século XVII, na Inglaterra, Robert Hooke (1635–1703) se empenha na construção de microscópios mais elaborados. Os microscópios produzidos por Hooke eram constituídos de duas lentes e permitiam observar certas estruturas por meio da análise de pedaços de cortiça, as quais foram denominadas de célula, devido à semelhança entre as cavidades em seu interior com celas de uma prisão. Na verdade, pelo fato de a cortiça, material de análise de Hooke, ser um tecido de células mortas, o pesquisador observou apenas a parede celular e o espaço anteriormente ocupado pelo protoplasma (RONAN, 1987).

François-Vincent Raspail (1794-1878) deu continuidade aos trabalhos de Hooke, afirmando que as células animais e vegetais constituíam os tecidos celulares e, além disto, observou que a membrana que determinava o limite da célula era responsável por selecionar as substâncias que entravam e saíam dela.

O contínuo aperfeiçoamento do microscópio proporcionou outras descobertas, e em novembro de 1831 o botânico escocês Robert Brown anunciou a descoberta de um corpo em todas as células, que chamou de núcleo. Entretanto, Matthias Jakob Schleiden (1804-1881),

em um artigo publicado em 1838, afirmou que as células se originam a partir do crescimento do núcleo, renomeando-o com o nome de citoblasto. “O núcleo em si, afirmou, era formado de novo a partir do líquido do conteúdo celular” (JACOB, 1985, p. 123).

Segundo Mayr (2008), as pesquisas de Schleiden foram realizadas em células vegetais, com paredes celulares bem formadas. Para tanto, concluiu que uma planta não consiste em nada senão em células, ainda que algumas sejam modificadas. No entanto, este episódio abriu um questionamento: e os animais também são constituídos de células como os vegetais? Esse fato foi demonstrado em 1839 por Theodor Schwann (1810-1882), conseguindo mostrar em um tecido animal após o outro, que os componentes destes tecidos, por mais que parecessem diferentes uns dos outros, não eram nada senão células modificadas. Schwann confirmou ainda, a teoria errônea de Schleiden de que novas células se originariam dos núcleos, acrescentando apenas outro processo pelo qual, o núcleo poderia se originar de material celular não formado.

A monografia de Schwann causou grande impacto nas publicações da história da biologia, provocando um “endosso vigoroso ao pensamento reducionista” (MAYR, 2008, p. 124). Pois em seus escritos demonstrou que animais e plantas são constituídos dos mesmos tijolos básicos – as células – e que, portanto, existiria uma unidade em todo o mundo orgânico. Além disso, a composição celular tanto dos animais, quanto das plantas demonstraria que as células seriam os componentes elementares dos organismos.

Com a segunda metade do século XVIII e a passagem ao século seguinte, transforma-se pouco a pouco a própria natureza do conhecimento empírico. É época em que a busca da compreensão dos elementos internos e sua organização ganham significados. Segundo Jacob (1985):

“A análise e a comparação tendem a exercer-se já não só sobre os elementos que compõem os objetos, mas também sobre as relações internas que se estabelecem entre estes elementos. É dentro dos corpos que vem progressivamente fixar-se a própria possibilidade da sua existência. [...] Os seres vivos tornam-se então conjuntos em três dimensões onde as estruturas se sobrepõem em espessura, segundo uma ordem ditada pelo funcionamento do organismo em sua totalidade. A aparência de um ser é comandada pela profundidade e pela visibilidade dos órgãos, pela invisibilidade das funções. O que rege a forma, as propriedades, o comportamento de um ser vivo, é a sua organização.” (JACOB, 1985, p. 81)

Em 1869, pouco depois que Gregor Mendel, que será mencionado no tópico 2.4, foi eleito abade, aconteceu um passo importante para a elucidação dos mecanismos da hereditariedade. O suíço, doutorando em bioquímica, Johann Friedrich Miescher, decidiu recolher bandagens de pacientes recém-operados. Como era comum naquela época em que os

instrumentos cirúrgicos não eram esterelizados, as bandagens estavam cheias de pus. Miescher acreditava que os glóbulos brancos que proliferavam no pus poderiam revelar alguns segredos importantes a respeito da química celular (RONAN, 1987; HENIG, 2001; STRATHERN, 2001).

Segundo Wallace (2002), Miescher queria estudar as proteínas, no entanto encontrou uma substância que não poderia pertencer a qualquer classe de proteína conhecida em sua época. Encontrou um composto desconhecido e chegou à conclusão que só podia vir do núcleo da célula, na seqüência tentou isolar o núcleo. Usando uma solução diluída de ácido clorídrico para destruir todos os outros componentes da célula, observou os extratos, à procura do mesmo composto que encontrara nas bandagens. Com análises bioquímicas, descobriu que o composto que estava presente no núcleo em altas concentrações, era feito de nitrogênio, fósforo e cromatina em solução ácida. Como o composto provinha do núcleo, chamou-o de nucleína. Miescher faleceu sem compreender a importância de sua descoberta, muito menos que esta nova substância se revelaria ser o que no século XX ficou caracterizado como ácidos nucleicos (OLIVEIRA et al., 2004; HENIG, 2001).

Nessa época, em conseqüência das descobertas relacionadas ao núcleo celular, vários pesquisadores se dedicaram ao estudo da divisão celular, entre eles Balbiani, Van Benedem, Flemming, Schleicher e Strasburger. Os estudos de Walther Flemming foram muito importantes para a elucidação dos cromossomos, recebendo uma posição de destaque na citologia, ao possibilitar o progresso de duas tecnologias bastante diferentes: a industrialização de corantes para preparação de materiais citológicos e o avanço no campo da óptica, principalmente na Alemanha (GROS, 1991).

Em 1878, Flemming tinha à sua disposição lentes para imersão em óleo capazes de ampliar 1000 vezes. De posse de tais avanços e o acesso às objetivas apocromáticas dos microscópios, o cientista observou as diversas fases das divisões celulares em células embrionárias e epidérmicas vivas de uma larva de salamandra (GROSS, 1991; WALLACE, 2002). Anos mais tarde, em 1882, descreveu os processos de mitose e meiose, apresentando o comportamento dos cromossomos durante as várias fases das divisões celulares. Estas descobertas conduziram à conclusão de que os gametas são células compostas por metade do número dos cromossomos, em relação às células somáticas, e que após a fecundação de um óvulo por um espermatozóide é formado o zigoto, o qual, após sucessivas diferenciações, dará origem a um novo ser vivo, contendo o mesmo número de cromossomos dos outros indivíduos de sua espécie (STRATHERN, 2001).

Nesse mesmo período, Flemming, ao corar núcleos com anilina, identificou uma estrutura, atribuindo-lhe o nome de cromatina, filamento que se cora. Não obstante, apesar de essa estrutura comportar-se semelhantemente à nucleína, identificada por Miescher, não se percebeu a equivalência entre tais estruturas nessa época. Uma das causas desse fato, assim como de outros desencontros que retardaram muitas elucidações científicas, foi que “[...] a comunicação entre os cientistas era bastante restrita” (OLIVEIRA et al., 2004, p. A5).

Em 1883, um ano após Flemming publicar suas ilustrações sobre as divisões celulares, reconhecendo e descrevendo os cromossomos, Wilhelm Roux, problematizou a divisão celular questionando a “dança dos cromossomos”, exigindo uma explicação do porque a divisão do cromossomo do núcleo de uma célula deveria ser mais complexa do que a divisão da própria célula. Considerando-se que as células se dividem desenvolvendo uma constrição na linha média que, em tempo curto, corta a célula em duas (células animais), por que o núcleo não poderia se dividir por simples constrição na linha média? (WALLACE, 2002).

Um exame cuidadoso das figuras desenhadas por Flemming permitiu a Roux observar que, quando o material cromossômico se condensava no início da divisão nuclear, podia-se observar que consistia de estruturas duplas: cada ponto ao longo do comprimento de cada cromossomo era duplicado. Portanto, Roux argumentou que cada uma das pequenas partículas que construíam o cromossomo era necessária para a vida da célula (RONAN, 1987; WALLACE, 2002).

Duas décadas após as conjecturas de Roux, suas conclusões foram comprovadas pelo alemão Theodor Boveri (1862-1915), que contribuiu muito para o entendimento dos cromossomos. Ele iniciou com a observação simples de que havia um número fixo de cromossomos durante a mitose, demonstrando, em material favorável, a individualidade desses cromossomos e reconhecendo que cada uma dessas estruturas tinha certas características diagnósticas. Demonstrou que durante o ciclo mitótico seguinte se formava o mesmo número de cromossomos, conforme o último ciclo mitótico, tendo as mesmas características do ciclo anterior, revelando, assim, a continuidade, individualidade e organização dos cromossomos e, ao mesmo tempo, salientando o poder extraordinário que tinham de desdobrar-se, reagrupar-se e voltar a formar dois núcleos idênticos aos quais derivavam. Estes fatos levaram-no a teoria da continuidade, segundo a qual os cromossomos nunca perdem sua individualidade durante a fase de quiescência do núcleo, mantendo-a por toda a vida da célula (MAYR, 2008; JACOB, 1985).

Além destas descobertas, no final do século XIX, Balbiani realizou um experimento que mais uma vez demonstrou a importância do núcleo para a célula. Este pesquisador isolou uma ameba e a partiu em duas partes: uma das partes ficou com o núcleo e a outra não. O segmento contendo o núcleo conseguiu se regenerar, formando uma nova célula com capacidade de se dividir, produzindo outras amebas. O segmento anucleado não se regenerou e, conseqüentemente, não se dividiu em novas células (JACOB, 1985).

Em 1889, Richard Altman descobriu o caráter ácido da nucleína, que passou a ser denominada de ácido nucléico. Nessa mesma época, Albrecht Kossel (1853-1927) observou a presença de bases púricas e pirimídicas na constituição deste ácido. Poucos anos depois, em novembro de 1895, Wilhelm Röntgen (1845-1923), de maneira acidental descobriu os raios X. A descoberta do raio X possibilitou, posteriormente, a elucidação da estrutura tridimensional do DNA ao ser empregado na técnica de cristalografia (RONAN, 1987; WALLACE, 2002).

Os avanços na compreensão da célula só aceleraram-se após 1900, cabendo a genética e a fisiologia celular dar a princípio as grandes contribuições. No entanto, Jacob (1985) enfatiza que apesar de ao longo do século XVIII, a organização descrever apenas a combinação de estruturas, no século XIX, a organização celular adquiri papel e função diferentes. “Substituindo-se progressivamente à estrutura visível, dá um fundamento oculto aos dados imediatos da descrição, à totalidade do ser e do seu funcionamento” (JACOB, 1985, p. 89).

No período em que a “nucleína” foi descoberta por Miescher, que as divisões celulares foram observadas por Flemming e questionada por Roux, detalhando o processo cromossômico na divisão, o campo da hereditariedade foi fomentado. A história da citologia contribuiu significativamente para os avanços dos conhecimentos da hereditariedade, desencadeados no século XX. No entanto, essa história ilustra também o progresso gradual e não-linear da ciência, a ruptura de muitas teorias, a luta entre teorias concorrentes e a vitória da interpretação das teorias que, naquele momento, tem maior valor explicativo para determinadas hipóteses.

Mayr (2008) ressalta que apesar desse período, século XIX, ter as observações como ponto de partida de novos avanços, a formação de teorias não resultava de simples indução. Em vez disso, as observações levantavam questões intrigantes, levando a conjecturas que eram ou falsificadas ou confirmadas, resultando em novas hipóteses e teorias.

A visão crítica do autor possibilita uma reflexão sobre o processo pelo qual a ciência foi construindo-se ao longo de sua história, desde a Antiguidade.



Para citar outro exemplo de como a ciência muda gradualmente, o forte empirismo da Revolução Científica levou a uma ênfase na descoberta de fatos novos, ao mesmo tempo em que, curiosamente, se dava pouca atenção à importância que o desenvolvimento de novos conceitos, tem no avanço da ciência (MAYR, 2008, p. 49).

Esta citação de Mayr retrata um pouco da consciência de que a ciência não foi construída de forma linear e constante. No entanto, há dentro de cada um de nós que nascemos no século XX, um pouco de positivismo lógico, um vislumbamento com as descobertas que se aceleraram no século XX, demonstrando a esperança de que a ciência “tem ou terá as soluções”. Uma citação instigante de Mayr (2008) se dá na seqüência, o autor define a ciência de forma peculiar e descreve que “uma das características mais distintivas da ciência é sua abertura ao desafio. A prontidão para abandonar uma crença corrente quando algo novo e melhor é proposto é uma fronteira importante entre a ciência e o dogma religioso” (MAYR, 2008, p. 60).

O abandono de uma teoria para outra não se dá de forma tranqüila e prática, conforme Kuhn (1974, p. 47): “Tal adesão pode ser, e é, de tempos em tempos, substituída por outra, mas nunca pode ser facilmente abandonada.” Será que há imunidade ao científico? Há diferenças cruciais entre o dogma religioso e o científico?

Uma das expectativas deste trabalho talvez não seja o de responder estas questões, mas criá-las na mente das pessoas que também nasceram no século XX e atravessam a transição de um século, e os anseios na ciência para o século XXI. Jacob (1998), em seu livro *O rato, a mosca e o homem*, ao relatar as ciências biológicas ao término do século XX, salienta que a partir da engenharia genética na década de 1970, a evolução na hereditariedade que parecia linear passou a sofrer rachaduras, fissurando o contínuo e fraturando o linear, causando a “quebra da continuidade dos genes” (JACOB, 1998, p 83). Em sua contínua análise o autor segue o capítulo, denominando como “nova perspectiva” o período que inicia com os avanços da genética e biologia molecular, e relatando uma nova visão de ciência, conforme segue:

Na nova perspectiva, a estrutura do mundo vivo não é mais linear e contínua mas, ao contrário, não linear e descontínua. Genes e proteínas não são mais cada um objetos únicos, idiosincrasias próprias de uma espécie. Existem estruturas extremamente próximas entre uma espécie e outra.[...] Genes e proteínas são em sua maioria como mosaicos formados pelo encaixe de alguns elementos, de alguns motivos, cada um com um sítio de reconhecimento (JACOB, 1998, p. 84).

Seguindo o percurso histórico da ciência, na seqüência, muitos outros estudos acerca da célula foram desencadeados. No entanto, no campo da pesquisa científica, a

hereditariedade, até a metade do século XIX, não constituía um objeto de análise, sendo um problema caracterizado por horticultores e criadores. Como descreve Jacob (1985), o que caracterizava a hereditariedade era sua complexidade. Em meados do século XIX, as idéias sobre a hereditariedade continuavam vagas. Com a teoria da evolução, na segunda metade do século XIX, tornou-se necessária a compreensão da hereditariedade. A observação não só de indivíduos, mas de populações unidas por laços de parentescos, que dá a experimentação um acesso à hereditariedade. Observando, em sucessivas gerações o comportamento de um número limitado de caracteres em grandes populações, um monge chamado Gregor Mendel, estava em condições de descobrir fenômenos na hereditariedade, formulando leis que só no século XX poderiam ser reconhecidas. Paralelamente, nomes que escreveram as pesquisas e conjecturas sobre a evolução das espécies entre os séculos XVIII e XIX, como Jean-Baptiste de Monet, o cavaleiro de Lamarck e Charles Darwin, participaram decisivamente para a história da ciência da hereditariedade.

### 2.3 LAMARCK E DARWIN: TEORIAS ACERCA DA EVOLUÇÃO E A HEREDITARIEDADE

O mundo vivo dos séculos XVI e XVII representava um sistema de regulação externa, gerado do exterior por um poder soberano, no qual nem a origem nem a finalidade dos seres vivos levantavam dificuldades. No entanto, o século XVII traçou, com o avanço da física, uma mudança de percurso, marcado pela migração do geocentrismo para o heliocentrismo. Nesse momento, paradigmas foram rompidos, ocorrendo rupturas entre o senso comum e o fundamentalismo religioso (CHASOT, 2004).

O século XVIII é intitulado de século das luzes<sup>18</sup>, pois segundo os iluministas é tempo de esclarecimento, em que a humanidade não precisaria mais de tutores para pensar. A biologia desta época tem no microscópio a possibilidade de ver um mundo peculiar, e conforme descrito no tópico anterior, a possibilidade de observar divisões celulares e

---

<sup>18</sup> Século das Luzes: assim chamado pelos precursores do movimento, os iluministas, por considerarem este século como o tempo do esclarecimento das coisas, em contrapartida a “noite dos mil anos” – Idade Média. O Iluminismo foi o nome dado a um movimento que olhava o mundo com um novo racionalismo que, com maior ou menor alcance, cortava qualquer relação entre o mundo natural e uma continuada preocupação de Deus com ele.

**CHASSOT, A.** A Ciência através dos Tempos. São Paulo: Editora Moderna, 2ª ed. 2004, p. 165-186;

**RONAN, C.A.** História Ilustrada da Ciência. Universidade de Cambridge. Tradução Jorge Enéas Fortes. São Paulo: Jorge Zahar Editores, 1987. v. III, p. 152.

cromossomos. Porém, enquanto a física rompe paradigmas religiosos, na biologia à teoria fixista ainda estava presente, permanecendo arraigada na mente das pessoas até meados do século XIX.

O fixismo tinha como ponto principal a imutabilidade das espécies, contribuindo com a visão criacionista do cristianismo, na qual um Deus criador teria originado o mundo com todos os relevos, plantas e todas as espécies, permanecendo constantes em todas as suas características. Nessa visão fixista, os seres vivos seriam ordenados em uma grande cadeia que se estende das coisas mais primitivas às mais avançadas, sendo encabeçadas entre as coisas naturais, pela espécie humana. Meyer e El-Hani (2005) relatam que para os fixistas esse evento de criação teria ocorrido há pouco tempo. “O arcebispo James Ussher, em 1664, baseando-se em leituras do Antigo Testamento, proclamou que a Terra teria exatamente 5.668 anos de idade (e até precisou o dia da Criação: 26 de outubro de 4004 a.C às 9 h da manhã)” (MEYER e EL-HANI, 2005, p. 17).

Apesar de o fixismo encontrar adeptos ainda no século XXI, o final do século XVII e todo o século XVIII foram tempos de mudanças filosóficas, de alterações da visão do homem sobre si mesmo e um ataque às crenças do cristianismo, que, por longo tempo, tinham sido crenças um tanto caras (RONAN, 1987). Na França, essas alterações foram mais intensas que em qualquer outro lugar e o ateísmo foi proposto abertamente. O médico Julien La Mettrie em sua obra, intitulada *O homem-máquina* (1747) condensa uma visão materialista, na qual o homem é reduzido a nada mais que matéria em movimento. Em consonância com as aspirações iluministas, ressalta a naturalização do comportamento humano e a espontaneidade dos sentimentos: “Quando obedecemos a nossos instintos primitivos, não estamos cometendo um crime, mais do que o Nilo com suas inundações, ou o mar com suas devastações.” (*apud* RONAN, 1987, v. IV, p. 153).

Foi sob a influência dessa mistura de pontos de vistas ateístas e céticos no novo e revolucionário pensamento do Iluminismo que o Sistema de Classificação da Natureza, proposto por Car von Linée, na qual as espécies eram imutáveis, foi examinado por uma série de influentes biólogos franceses.

Nesse período Georges Leclerc, o conde de Buffon, nascido em Montard, perto de Dijon, em 1707, observa a natureza e reúne uma vasta quantidade de material que colecionou e publicou entre 1749 e 1788, em cerca de trinta e seis volumes sob o título de *História Natural, geral e particular*. Nesse vasto trabalho apresenta conjecturas sobre a história da origem da Terra. Dentre suas idéias, ressalta-se a importância dada os fósseis como provas evolutivas do mundo animal e vegetal.

Buffon, partindo de sua idéia evolutiva, chegou a sugerir que deveria haver um ancestral comum para o homem, os macacos e os quadrúpedes. Indicou ainda que, não só o homem, como alguns animais, possuem órgãos vestigiais, aparentemente sem nenhuma utilidade, os quais teriam sido importantes para ancestrais remotos e que sua presença nas espécies atuais pode representar algum tipo de modificação, ocorrida para a adaptação ao ambiente (RONAN, 1987; MAYR, 2008).

Em suas hipóteses Buffon, propõe que as espécies se transformam de modo limitado, concebendo a existência de um “molde interno”, que determinava sua forma. No entanto, seus trabalhos não deixavam muito claro como esse molde funcionava, mas o argumento era de que ele preservava a forma das espécies de uma geração para outra. Para explicar sua teoria usou de argumentos da geração espontânea e da influência do ambiente. Segundo Meyer e El-Hani (2005) “sua teoria poderia ser resumida da seguinte forma: a geração espontânea origina um conjunto de seres vivos e estes, sob a influência do ambiente, dão origem a novas formas, aumentando a diversidade de formas vivas.” (MEYER e EL-HANI, 2005, p. 19).

As teorias de Buffon esbarraram em idéias evolutivas e sua proposta apresentava limitações, fato natural diante do pouco que se sabia sobre seres vivos na época. Cerca de cinqüenta anos mais tarde, outro naturalista francês, Jean-Baptiste Pierre Antonie de Monet, cavaleiro de Lamarck (1744-1829), propôs uma teoria evolutiva<sup>19</sup> um tanto peculiar, na qual um dos aspectos importantes circunda em torno do conceito de vida, da explicação para a origem dos primeiros seres vivos, e da sua constante formação por meio da geração espontânea (CHAUTARD-FEIRE-MAIA, 1990).

A idéia de geração espontânea em Lamarck é bastante interessante, pois apresenta elementos novos em relação ao que se tinha na época. Ao contrário de Georges Cuvier (1769-1832) que aceitava uma criação divina de espécies já adaptadas ao ambiente, Lamarck procura explicar a origem da vida, bem como a própria vida, por meio de fenômenos físico-naturais. A idéia de que a vida possa aparecer da matéria inanimada, através de fenômenos naturais, pressupõe uma noção especial de vida, diferente daquela aceita na época de Lamarck. Em sua última obra Lamarck expõe a concepção de vida, que segue:

Mostramos em nossas diferentes obras que a vida não era um ser nem a propriedade particular de nenhuma matéria, qualquer que seja, nem é

---

<sup>19</sup>Lamarck não utiliza o termo “evolução” ao se referir a sua teoria. Ele não utiliza também o termo “transformação” ou “transformismo”, empregado por vários historiadores franceses.

alguma parte de um corpo – fazendo ver que ela é apenas um fenômeno físico<sup>20</sup> resultante de duas causas essenciais, a saber 1º) uma ordem e um estado de coisas que existem nas partes do corpo que se observa; 2º) uma causa motriz ou provocadora de movimentos sucessivos no interior deste corpo. Assim, a vida subsiste nesse corpo enquanto o estado de suas partes e a ordem de coisas necessárias à execução dos movimentos vitais não forem destruídos e enquanto a causa provocadora dos movimentos continuar a agir (LAMARCK, *Systeme analytique des connaissances de l’homme*. Paris: Chez l’Auteur, aujardin du Roi, 1820, p. 117 *apud* MARTINS, 1994, p. 58).

Segundo esta visão, o que caracteriza os seres vivos para Lamarck, é uma determinada estrutura físico-química adequada e a existência de certas forças físicas em seu interior, que possibilitam o dinamismo próprio da vida. Em contrapartida, ao buscar fundamentos para formular uma hipótese quanto ao surgimento dos seres vivos, utiliza-se dos conceitos de geração espontânea, propostos, ainda, na Grécia Antiga. No entanto, Lamarck não acredita como Buffon, que formas vivas complexas possam surgir por geração espontânea. Para ele, o processo de geração espontânea está constantemente criando seres vivos primitivos, no início da escala animal ou vegetal. Esses seres naturalmente tenderiam a aumentar sua complexidade, geração após geração (MEYER, EL-HANI, 2005).

Na *Philosophie Zoologique* (vol. 2, p. 83 *apud* MARTINS, 1994), Lamarck esclarece que a natureza continua a formar as gerações diretas no início das escalas animal e vegetal, como os seres gelatinosos e transparentes (denominados atualmente de unicelulares) embora também possa fazê-lo em diversos pontos da primeira metade da escala, dando como exemplo os vermes intestinais. Como evidência favorável à geração espontânea, Lamarck utiliza a aparente inexistência de órgãos internos, inclusive os destinados à reprodução, o fato de os organismos de massa gelatinosa, infusórios, não produzirem ovo e de desaparecerem na estação fria, reaparecendo na estação quente, bem como sua aparente fragilidade.

A escala animal se inicia em dois ramos separados, produzidos por geração direta ou espontânea. Um deles se inicia com os infusórios, que dão origem aos pólipos e esses aos radiários. O outro, menos importante, se inicia com os vermes (LAMARCK, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, vol. 1, p. 455 *apud* MARTINS, 1994, p. 59).

---

<sup>20</sup> Lamarck em sua obra *Philosophie Zoologique*, vol. 2, p.1 se refere ao fenômeno vida como um fenômeno natural, em contrapartida na obra *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres*, vol. 1, p. 57 se refere a vida como fenômeno físico. Lamarck utiliza “física” no seu sentido etimológico geral (o estudo da natureza), fenômeno físico e fenômeno natural podem ser considerados sinônimos. Vide: MARTINS, L.A.C.P. O Papel da Geração Espontânea na Teoria da Progressão dos Animais de J.B. Lamarck. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência* (11): 57-65, 1994.

Meyer e El-Hani (2005) consideram que as hipóteses de Lamarck para a complexidade de certos seres vivos, não explicam a existência de muitos seres vivos pouco complexos e também não responde o porquê deles permanecerem estacionados no estágio inicial.

Na concepção de Lamarck as formas de vida mais complexas surgem por transmutação, uma lenta progressão na qual o fluido nervoso abre canais cada vez mais complexos de uma geração para a seguinte. Ao utilizar-se do processo de geração espontânea para justificar os diferentes graus de complexidade entre os seres vivos, propõe que quanto mais avançado seja um organismo em sua época atual, mais antigo seria seu primeiro ancestral, que por sua vez teve mais tempo para mudar e aperfeiçoar-se. (HENIG, 2001; MEYER e EL-HANI, 2005; BLANC, 1994).

Para fundamentar sua teoria, Lamarck formula algumas leis, dentre essas as mais conhecidas são a “Lei do Uso e Desuso” e a “Herança dos Caracteres Adquiridos”, porém Martins (1997) relata que, nas obras de Lamarck, principalmente a última versão, contida na *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, aparecem explicitamente quatro leis. As duas primeiras leis demonstram ser a resposta aos seus questionamentos quanto aos diferentes graus de complexidade entre os seres vivos e o surgimento de possíveis órgãos de encontro às necessidades dos indivíduos.

Primeira Lei: A vida, pelas suas próprias forças, tende continuamente a aumentar o volume de todo o corpo que a possui, e a estender as dimensões de suas partes, até um limite que lhe é próprio (LAMARCK, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, vol. 1, p. 151 *apud* MARTINS, 1997, p. 35).

Segunda Lei: A produção de um novo órgão em um corpo animal, resulta de uma nova necessidade que surgiu e que continua a se fazer sentir e de um novo movimento que essa necessidade faz nascer e mantém (LAMARCK, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, vol. 1, p. 152 e 155 *apud* MARTINS, 1997, p. 37).

Lamarck apresenta uma visão empirista, suscitando a curiosidade em entender se sua primeira lei seria um caso de generalização obtida por fatos observáveis. Conforme Martins (1997) existem dois tipos de fatos explorados por Lamarck para fundamentar a primeira Lei. O primeiro consiste na comparação entre o estado de um animal em sua origem com o estado em que ele se encontra no fim de sua vida, quando seus órgãos começam a deteriorar-se. Tal observação é perceptível em poucos anos. No entanto, a segunda relação, estabelecida entre a

complexidade na escala animal e o aumento das faculdades dos corpos vivos na evolução das espécies, refere-se a um passado hipotético, que não está documentado. Desse modo, a progressão no aumento de complexidade das espécies não pode ser um fato observável.

No que se refere à segunda Lei, entre suas fundamentações está o exemplo da formação de antenas encontradas na cabeça de um molusco gastrópode, o caracol. Salientava que a necessidade fez com que os gastrópodes adquirissem o hábito de apalpar os corpos com a cabeça. Lamarck demonstrava certa convicção em suas leis, conforme segue:

Quando a vontade dispõe um animal a uma ação qualquer, os órgãos que devem executar essa ação são logo provocados pela afluência de fluídos sutis que se tornam a causa determinante dos movimentos que exige a ação de que se trata. Uma multiplicidade de observações constatam esse fato, que não poderia aqui contestar (LAMARCK, *Recherches*, p. 50; cf *Discours de l'na X*, p. 514 *apud* MARTINS, 1997, p. 38).

Nas suas duas primeiras leis, torna-se perceptível à busca de uma fundamentação para as observações da escala de complexidade dos seres vivos e da ordenação em cadeias. No entanto, sutilmente a influência do ambiente aparece, mas não como um fator de seleção das espécies, mas como um condicionador para que o indivíduo promovesse uma diversificação e complexidade em suas estruturas, fomentando assim entre os historiadores a denominação transformismo. Lamarck em sua terceira e quarta lei propõe:

Terceira Lei: O desenvolvimento dos órgãos e sua força de ação estão em relação direta com o emprego desses órgãos (LAMARCK, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, vol. 1, p. 152 e 158 *apud* MARTINS, 1997, p. 39).

Quarta Lei: Tudo o que foi adquirido, traçado ou mudado na organização dos indivíduos, no decorrer de sua vida, é conservado pela geração e transmitido aos novos indivíduos que provêm daqueles que experimentaram essas mudanças (LAMARCK, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, vol. 1, p. 152 e 167 *apud* MARTINS, 1997, p. 44).

Em sua teoria, Lamarck utiliza uma idéia consensual em sua época – a herança das características adquiridas. Portanto, sugere que as alterações decorrentes do uso e desuso são herdadas, o que por sua vez, serve como explicação para a diversidade de espécies e ainda os graus de complexidade para realização de determinadas funções (MEYER, EL-HANI, 2005). Entretanto, conforme observado em sua quarta Lei, Lamarck não oferece uma explicação para a transmissão do que foi adquirido, o que possivelmente contribuiu para o não fortalecimento

de sua teoria (MARTINS, 1997). Outro ponto a ser destacado na teoria de Lamarck, é o papel secundário atribuído ao ambiente. Nas palavras de Meyer e El-Hani (2005):

Na teoria de Lamarck, o ambiente tinha um papel secundário: ele não explicava o aumento de complexidade dos seres vivos, nem a composição crescente de sua organização, e sim porque o aumento de complexidade não era perfeito, apresentando divergências ao redor dos planos básicos de organização, em vez de uma seqüência linear, perfeita de planos corporais imaculados (MEYER, EL-HANI, 2005, p. 22).

Em pleno século XXI, ao se falar em Lamarck, o nome sugere um defensor da idéia de herança de características adquiridas e a lei do uso e desuso. Essas hipóteses foram causas de várias críticas até mesmo na época em que as leis foram propostas. No entanto, conforme Martins (1997), Lamarck apresentou a primeira teoria para o surgimento e progressão dos animais em que a evolução acontecia por causas naturais regulares, sem ação do acaso e fatores extraordinários. Sua tentativa de introduzir leis naturais para explicar a progressão dos animais foi um grande passo, tendo Lamarck o mérito inquestionável como primeiro cientista que advogou pela evolução das espécies, propondo um mecanismo de comprovação, caracterizando uma inegável contribuição para sua época (MAYR, 1998; FUTUYMA, 1992).

Vale destacar que, as idéias de Lamarck tiveram pouca aceitação pelo fato de que os naturalistas não reconheciam as evidências da evolução biológica, e não apenas porque a teoria de Lamarck defendia a herança de características adquiridas. Cientistas como Georges Curvier, fundador da anatomia comparada e um dos biólogos e paleontólogos mais respeitados do século XIX, criticaram duramente Lamarck e tentaram demonstrar evidências contrárias a evolução dos seres vivos. No entanto, apesar de sua teoria não ter surtido grande repercussão quando Lamarck a postulou, a idéia não pereceu com sua morte em 1829, permanecendo viva na Alemanha, na Inglaterra e na França.

No século XVIII, o mundo estava em evidente progresso em diversas áreas da sociedade e do pensamento humano, nesse contexto o pensamento evolutivo proposto por Lamarck começou a ter alguns efeitos. Possivelmente, o pensamento evolutivo tenha recebido influências da idéia de progresso vigente na época, em direção a um contínuo melhoramento do homem (GOULD, 2001).

Nesse contexto histórico, os conceitos relacionados à evolução dos seres vivos recebiam muita resistência. A discussão sobre a Teoria da Evolução Biológica começa a ganhar novo e maior destaque quando Charles Robert Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913) publicaram e apresentaram juntos, seus trabalhos sobre a evolução biológica, intitulado de Teoria da Seleção Natural, em uma reunião na Linnaean Society de



Londres em 1º de julho de 1859. Em razão da apresentação e da publicação dos artigos de Darwin e Wallace não terem tido a repercussão esperada, Darwin publicou em 24 de novembro de 1859, um resumo de seu livro, sob o título *A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida*. Essa publicação teve enormes efeitos sobre a maneira de entender as espécies e sua relação com o mundo (MEYER e EL-HANI, 2005).

A obra de Darwin expõe dois pontos importantes. O primeiro de que, a evolução não é um processo linear, mas um processo de divergências a partir de ancestrais comuns. O segundo ponto importante consiste em que, o trabalho de Darwin é uma teoria sobre o processo que causa as mudanças evolutivas, chamado de seleção natural das espécies. Na perspectiva da seleção natural, as peculiaridades dos organismos da mesma espécie seriam selecionadas ao longo das gerações. Entretanto, cabe ressaltar que a mudança evolutiva por seleção natural, não havia sido, naquela época, apoiada por dados experimentais, mas somente por observações indiretas (MEYER e EL-HANI, 2005).

As evidências da Evolução Biológica, apresentadas e discutidas por Darwin causaram grande impacto e obtiveram alto grau de convencimento na época, com exceção de alguns poucos cientistas proeminentes. De forma contrária, o processo da seleção natural – idéia original de Darwin – como o principal agente causador da Evolução Biológica, não convenceu a muitos e, até o final dos anos vinte do século XX, só caiu em descrédito.

Em seu livro *A origem das Espécies*, Charles Darwin convence muitos biólogos de que houve a evolução biológica e estabelece a Teoria da Seleção Natural para explicá-la. Darwin insiste na evolução biológica completamente gradual, rejeitando, dessa forma, a teoria lamarckiana, que concebe uma orientação intrínseca e automática para a perfeição. Propõe uma causalidade estrita e separada para cada mudança evolutiva.

A teoria darwiana rompe radicalmente com a visão internalista. Segundo Lewontin (1997):

Darwin aceitava a contingência da evolução e alinhou uma teoria em que tanto as forças internas quanto as externas desempenharam seu papel – mas de forma assimétrica e aleatória. O primeiro passo da teoria é a completa separação causal entre o interno e o externo (LEWONTIN, 1997, p. 103).

O lamarckismo, ocupado com a hereditariedade dos caracteres adquiridos e a incorporação do exterior ao organismo, não apresentou uma separação nítida entre o que está dentro ou fora do organismo e suas conseqüências. Portanto, a diferença entre Darwin e Lamarck se firmou na delimitação do dentro e do fora, do organismo e do ambiente, bem

como nas limitações observadas na teoria lamarckiana em relação às forças atuantes no interior do organismo e no mundo externo (LEWONTIN, 1997).

Lamarck ao acreditar que os organismos pudessem incorporar o mundo externo em sua hereditariedade se equivocou. Em contrapartida, Darwin ao separar o ambiente do organismo, como um passo necessário para a mecanização da biologia, não se equivocou em menor proporção. O ambiente de um organismo não é um conjunto preexistente e autônomo de problemas para os quais os organismos precisam encontrar solução, tão pouco, não há organismo sem ambiente ou ambiente sem organismo (LEWONTIN, 1997).

Em sua teoria sobre a hereditariedade, Darwin postulou a herança como um elemento conservador para a continuidade histórica da vida. Acreditava na herança de qualidades corporais e mentais, tanto em aspectos psicológicos como nas formas anatômicas, nos detalhes do carácter, em enfermidades e anormalidades inatas (RADL, 1988).

Freire-Maia (1995) acredita que os questionamentos levantados por Darwin inspiraram Gregor Mendel, tema de discussão do próximo tópico, uma vez que tratava de questões discutidas por Mendel, além de seus trabalhos terem sido justificados com base nas idéias evolucionistas de Darwin. Alguns escritores acreditam que Darwin não tenha conhecido os trabalhos de Mendel (WATSON; BERRY, 2005) por endossar alguns conceitos lamarckistas. No entanto, Bizzo (1991) ao estudar os escritos originais de Darwin, relata que este possuía uma resenha do trabalho de Mendel, chegando a testar alguns de seus experimentos e reconhecendo algumas falhas, o que revela o quanto Darwin era ciente dos trabalhos de Mendel, e de sua compreensão. Entretanto, se Darwin teve acesso aos trabalhos de Mendel, por que se utilizou da pangênese para explicar a origem das variações?

Essas possíveis evidências servem como demonstração do quanto existe entre os pesquisadores, apego as concepções vigentes. Darwin, apesar de se mostrar revolucionário ao apresentar em seus trabalhos uma nova percepção quanto à explicação da variação das espécies, no que se refere à origem das espécies utiliza-se da teoria da pangênese, vigente na época.

Em seu livro *Origem as Espécies*, Darwin apontou algumas leis, entre elas que a herança direta compreenderia a transmissão de qualidades dos pais aos filhos; que as qualidades de um dos pais seriam predominante; e que algumas qualidades permaneceriam ocultas durante toda a vida, como por exemplo, a rainha das abelhas possuem qualidades da operária, ainda que ocultas, devido às operárias serem produzidas por rainhas (RADL, 1988).

Uma das preocupações de Darwin pairou sobre a ausência de uma teoria sólida sobre a origem e a natureza da variação nos organismos vivos, se tornando um dos pontos mais

frágeis de seus argumentos. Darwin na *Origem das Espécies* apontou que as leis que regulam a hereditariedade em geral eram desconhecidas e elaborou algumas questões gerais. Um exemplo seria a razão pela qual uma mesma particularidade, que aparecia em diversos organismos de uma mesma espécie ou de espécies diferentes, era transmitida algumas vezes, e não era transmitida em outros momentos. Outra questão seria a razão para certos caracteres de avôs e outros antepassados mais distantes reaparecerem no indivíduo.

As leis de Darwin se baseavam na teoria da pangênese, originada na Grécia Antiga, em 400 a.C por Hipócrates. Esta teoria permitia a explicação de grande número de observações baseadas no senso comum. Apesar das realizações na embriologia experimental no século XIX apontarem contra a existência de um mecanismo que comprovasse esta teoria, a pangênese permanecia dominante no século XIX (RADL, 1988, MAYR, 1998).

Segundo a pangênese, se uma modificação ocorresse antes dos órgãos reprodutivos estarem ativos, provavelmente ambos os sexos herdariam tal modificação, porém se fosse uma modificação tardia, ocorrida depois da puberdade, as gêmulas modificadas também conteriam uma informação sobre a atividade dos órgãos sexuais, reunindo somente as gêmulas que tivessem a mesma marca sexual. As modificações provocadas em determinadas idades, como doenças, produziriam gêmulas com tais modificações e com a informação da idade da manifestação.

A pangênese viabilizava Darwin explicar algumas leis gerais que regulavam o crescimento e a geração e que estavam envolvidas com a teoria da evolução pela seleção natural. Contudo Darwin, não conseguia esclarecer como surgiam as variações provocadas pelo meio, por necessitar também de várias gerações para se estabelecerem. Estas variações não poderiam ser atribuídas às gêmulas dormentes, uma vez que estas deveriam existir em algum antepassado por mais remoto que fosse, e, no caso, se tratava de uma variação nova (CASTAÑEDA, 1994).

Embora Darwin baseasse algumas de suas leis em pontos contraditórios com a pangênese, sua teoria apresentava enfoques positivos como à observação do papel do ambiente na seleção natural. A teoria da seleção natural alcançou muitos adeptos, isto se deu pelo fato dessa teoria não se consolidar apenas por sua coerência interna. Acima de tudo, a teoria deve permitir previsões. No entanto, na época em que Darwin publicou *Origem das Espécies*, podia-se levantar a objeção de que o registro fóssil era imperfeito, não apresentando as variedades intermediárias extintas. Em outros termos, imaginando-se o grande extermínio de incalculável número de elos de ligação entre os seres vivos atuais e os extintos, e, a cada período sucessivo, entre as espécies atuais e as extintas que as precederam, por que cada

formação geológica não estaria repleta de tais elos? Dessa objeção, Darwin tentou escapar com uma hipótese tipicamente *ad hoc*: “Só posso responder estas questões e rebater estas objeções supondo que o registro geológico seja bem mais imperfeito do que pensa a maior parte dos geólogos.” (DARWIN, 1985, p. 350).

A teoria darwiniana foi uma das teorias mais heurística proposta. Mobilizou diversas áreas da Biologia, principalmente a Anatomia Comparada, em prol da determinação do parentesco e das prováveis características dos ancestrais comuns, tarefa esta ainda inacabada, permanecendo diversas dúvidas sobre o ancestral comum de diversos grupos de plantas e de animais (MAYER, 1998).

#### 2.4 MENDEL E SUAS CONJECTURAS ACERCA DA HEREDITARIEDADE

No período compreendido durante o século XVIII, enquanto Darwin publicava seus trabalhos sobre as *Origens das Espécies*, um monge agostiniano chamado Johann Mendel (nome de batismo de Gregor Mendel) publicava seus trabalhos sobre a hereditariedade.

Mendel nasceu em 1822, na província austríaca de Silésia, na cidade de Heinzendorf. Ele e as duas irmãs, Veronika e Thersia, moravam com os pais em uma fazenda nos arredores de Heinzendorf. Oriundo de uma família de agricultores pobres, ele conciliou os estudos com o trabalho no campo, mas bem cedo percebeu que não tinha aptidão para o trabalho do campo.

Após formar-se no ginásio, Mendel matriculou-se no Instituto Filosófico da Universidade De Olmütz, no qual estudou filosofia, matemática, história, latim, religião e história natural. Era o período preparatório e obrigatório para o ingresso na universidade, no entanto, em Olmütz o idioma oficial era o Tcheco, língua que Mendel não dominava muito, conseqüentemente, a atuação como professor particular era dificultosa, ao passo que Mendel somente conseguiu concluir os estudos graças a sua irmã Theresia, que lhe doou sua parte da herança (HENIG, 2001).

Diante das dificuldades financeiras, Mendel aceitou a recomendação do professor Friedrich Franz, do Instituto de Filosofia, para ingressar na vida religiosa. Nesse período, a ciência encontrava-se em plena expansão e o estudo das Ciências Naturais era visto com bons olhos pela Igreja Católica.

Ingressou como noviço no Mosteiro de Santo Tomás, em Brünn, região da Morávia, em 1843, onde aliou os estudos teológicos à participação em cursos sobre agricultura,

arboricultura e vinicultura. Em 06 de agosto de 1847 foi ordenado padre, adotando o nome de Gregor Mendel.

Em pouco tempo Mendel percebeu não ter muitas afinidades para a vida sacerdotal. Diante deste fato, o abade Napp, do mosteiro de Santo Tomás, conseguiu uma licença para que Mendel ministrasse aulas de matemática e grego no ginásio da cidade de Znaim (HENIG, 2001).

Devido a um decreto imperial de 1802, o Mosteiro Agostiniano de São Tomas em Brünn deveria fornecer professores para as escolas secundárias austríacas (SANDLER e SANDLER, 1985). Em agosto de 1850, Mendel fez a qualificação, concorrendo a uma vaga como professor efetivo de ciência do curso ginásial de Znaim, porém, foi reprovado. Para conseguir o certificado de professor efetivo, Mendel submeteu-se a uma banca da Universidade de Viena, sendo aprovado em física, porém reprovado em geologia e zoologia. A causa deste insucesso foi Mendel “não atender à terminologia técnica e por expressar idéias pessoais não condizentes com a ciência tradicional” (FREIRE-MAIA, 1995, p.5). Esta justificativa dada à reprovação sugere que Mendel não compartilhava a linguagem, os conhecimentos e a visão de mundo, compatíveis e utilizados pelos membros dos coletivos de pensamento, aos quais seus avaliadores pertenciam (geólogos e zoólogos).

Para aprimorar seus conhecimentos, com o objetivo de obter a habilitação para o ensino de física e outras ciências em escolas do ensino médio, Mendel foi enviado pela sua ordem religiosa à Universidade de Viena, no período de 1851 a 1853 (FREIRE-MAIA, 1995; MAYR, 1998).

Durante esse período, o monge estudou Zoologia, Botânica, Paleontologia, Física e Matemática, de ter acesso a muitas informações e conhecimentos que o conduziram aos experimentos com ervilhas, desenvolvidos nos próximos anos. Vale ressaltar, que a metade do século XIX caracterizou-se por uma forte influência matemática retratada por um historiador de “avalanche de números” (HENIG, 2001, p. 55), fato este que ajudou Mendel a organizar os dados, posteriormente, acumulados em suas experiências com ervilhas (HENIG, 2001).

Uma forte inspiração para Mendel desenvolver seus experimentos foi o fisiologista vegetal Franz Unger. Por intermédio deste, Mendel teve a oportunidade de conhecer importantes trabalhos de hibridização, como os dos alemães Josef Kheuter e Karl Friedrich von Gärtner, Esses pesquisadores desenvolveram métodos de cultivo que, posteriormente, fora utilizado por Mendel no jardim do mosteiro. Nas aulas de Unger uma das pautas se davam em torno das discussões sobre as vantagens de se trabalhar com o material biológico *Pisum sativum* em experimentos de hibridização (HENIG, 2001).

Em 1853, após dois anos de estudo na universidade em Viena, em junho de 1853, Mendel retornou ao mosteiro de Brunn e logo começou a lecionar como professor substituto na escola ginásial daquela cidade. Acumulando também a função de jardineiro e hortelão, Mendel passeava pelo jardim examinando cuidadosamente cada fileira de plantas, afastando cuidadosamente as folhas dos caules esguios, expondo as flores que se escondiam embaixo das folhas. Em maio de 1856, Mendel iniciou seu trabalho de hibridação com ervilhas *Pisum sativum*, numa área de 7 por 35 metros. Comprou sementes de vários comerciantes especializados, escolheu as que melhor se adequavam para suas experiências, testando-as e iniciando seus trabalhos que perduraram por sete anos e, posteriormente, revolucionaram o meio científico (HENIG, 2001).

Em fevereiro de 1865, compareceu a “Sociedade dos Naturalistas de Brunn” para apresentar seu trabalho “Experiências sobre Híbridos Vegetais”. Aproximadamente quarenta pessoas ouviram a leitura de uma obra que passaria para a história da ciência. O auditório, no entanto, manifestou desinteresse pelas exposições de Mendel. Após um mês, Mendel apresentou novamente suas teorias, porém com representações algébricas. Este fato inviabilizou ainda mais a compreensão de suas hipóteses. De acordo com Freire-Maia (1995), o motivo que assustou os contemporâneos de Mendel foi o fato de, ao longo de muitas páginas, plantas se misturavam com letras, letras com gametas e gametas com números, pois esta não era uma prática usual na época.

Mendel, em seu trabalho, explicou que sua opção pelo gênero *Pisum sativum* foi motivada pelos caracteres constantes e capazes de serem diferenciados de modo fácil e seguro, e pelo fato das linhagens, ao serem mutuamente cruzadas, produzirem híbridos férteis. Nos seus experimentos, observou que, ao cruzar duas linhagens puras quanto a um dado caracter, obtinha uma prole em que todos os indivíduos apresentavam o mesmo fenótipo, de um dos cruzantes, ou seja, o caracter dominante. Descrevia também que os indivíduos híbridos da geração F1 eram sempre iguais a um dos pais. Plantas originadas de sementes amarelas puras, por exemplo, ao serem cruzadas com plantas originadas de sementes verdes sempre produziam sementes amarelas. O traço semente verde aparentemente desaparecia na geração F1. No entanto, se plantas originadas de sementes amarelas híbridas ao se autofecundarem, produziriam sementes amarelas e verdes na proporção de 3 para 1, respectivamente (HENIG, 2001).

Diante deste fato, Mendel concluiu que, nas plantas da geração F1, a característica de um dos pais ficava encoberto, reaparecendo novamente na geração F2. A característica

encoberta nas plantas híbridas foi denominado de recessivo, enquanto a manifestada em todos os indivíduos de F1, chamada de dominante.

Os híbridos de cada par de caracteres diferenciais formam sementes das quais a metade novamente desenvolve a forma híbrida, enquanto a outra metade produz as plantas que permanecessem constantes e recebem os caracteres dominante e recessivo em partes iguais (MENDEL, 1865 apud FREIRE-MAIA, 1995, p. 66).

O trabalho de Mendel não obteve a repercussão e o reconhecimento que se esperava durante sua existência. Até 1881, pouco se havia comentado sobre os trabalhos de Mendel, sendo, nesse ano, citado na obra *Die Pflanzen-Mischlinge* de Wilhelm Olbers Focke. A obra conhecida popularmente como *Focke*, tratava-se de um resumo das pesquisas realizadas com plantas em vários países do mundo e citava quinze vezes o trabalho do monge.

Focke escreveu que Mendel acreditava haver encontrado proporções numéricas constantes entre os tipos de híbridos, e acrescentou ainda que o trabalho do monge seguia a tradição dos primeiros hibridadores. Assim como estes, Mendel descobriu que os híbridos tendiam a reverter à forma dos pais e que características antigas, aparentemente perdidas, podiam reaparecer depois de várias gerações (HENIG, 2001).

Apesar das publicações de Focke citarem Mendel várias vezes, tais citações parecem não terem sido suficientes para animar alguém a consultar ou tentar compreender os artigos originais de Mendel. Diante deste episódio Watson e Berry (2005) ressaltam que:

Não só os resultados de suas pesquisas permaneceram enterrados num periódico obscuro como teriam sido inteligíveis para a maioria dos cientistas da época. Mendel estava muito à frente de seu tempo com sua combinação de experimentação meticulosa e análise quantitativa sofisticada. Não é de admirar que somente em 1900 a comunidade científica o tenha alcançado. [...] (WATSON e BERRY, 2005, p. 22).

Mendel realizou experimentações meticolosas e análises quantitativas sofisticadas. Portanto, não é de se admirar que somente em 1900 seu trabalho fosse valorizado e retomado pela comunidade científica, após sua redescoberta por três geneticistas: Hugo De Vries (1848-1935), Karl Correns (1864-1933) e Erich von Tschermak (1871-1962).

De certa forma, a história de Mendel é a história de um jardineiro, cuidando pacientemente das plantas, coletando-as, contando-as, calculando algumas reações simples e explicando com serenidade e exatidão uma descoberta espantosa – para em seguida esperar pelo dia em que alguém entendesse do

que estava falando. É a história de um suave revolucionário que nasceu uma geração antes de sua época (HENIG, 2001, p. 12).

Os trabalhos de Mendel servem para retratar a construção da ciência. No período em que Mendel realizou seus experimentos pouco se sabia sobre material genético. Apesar de no século XIX, Miescher ter descoberto os ácidos nucléicos, não havia nenhuma relação direta destes com o material genético, fato que aconteceu somente em meados do século XX com os estudos de Avery, MecLeold e McCarty, cientistas que serão assunto do próximo tópico deste capítulo.

A construção do saber científico é morosa e sua apropriação pela comunidade científica também perpassa por algumas etapas. Possivelmente, no século XXI se torna mais fácil realizar críticas e observar fatores que parecem incoerentes nos trabalhos de Mendel, bem como de outros cientistas como Darwin e Lamarck sobre suas idéias evolutivas. No entanto, este é um posicionamento que requer cautela e bom senso. Pois ao se observar um acontecimento científico, não há como dissociá-lo de seu período histórico e social.

Os trabalhos de Mendel foram baseados em experimentações e observações, devido ao pouco que podia dispor na época em termos de tecnologia e conhecimentos bioquímicos. Mendel não dispunha de difração de raio X, modelo de dupla hélice e bases nitrogenadas para relacionar ao conhecimento genético e hereditário. Esse fato pode ser evidenciado na formulação de suas leis, em que aparece o termo fatores para indicar algo que carregaria as características que eram transmitidas.

Mendel percebeu que existem fatores específicos - mais tarde denominados “genes” - que são transmitidos pelos pais à prole. Constatou que esses fatores ocorrem em pares e que os descendentes recebem um de cada genitor (WATSON e BERRY, 2005, p. 22).

Os resultados de Mendel indicavam que fatores – objetos materiais – eram transmitidos de geração a geração. Mas, faltava ainda desvendar qual seria a natureza dessas coisas. Por volta da época da morte de Mendel, em 1884, os cientistas, usando recursos ópticos, cada vez mais aperfeiçoados, para estudar a arquitetura diminuta das células, cunharam o termo “cromossomo” para descrever os corpos finos e compridos existentes no núcleo celular. Mas somente em 1902, um estudante de medicina Walter Sutton, percebeu que os cromossomos tinham muito em comum com os misteriosos “fatores” de Mendel (WATSON e BERRY, 2005).



As contribuições de Mendel para a construção da história da hereditariedade, assim como, suporte para diversas pesquisas que aconteceram no século XX fora vastas. Mendel faleceu em 1884, aos 62 anos, vítima de uma nefrite. Em 1900, três botânicos, De Vries, Correns e Tschermak, trabalhando independentemente, reconheceram a importância do trabalho de Mendel para a ciência, apontando-o como o “descobridor das leis da hereditariedade” e “pai da genética”.

No século XX, com auxílio das tecnologias e de áreas como a química e a física, a biologia tem um salto significativo, formalizando a abertura de uma nova área, a genética, caracterizada como área de estudos da hereditariedade e o mecanismo da transmissão de características.

Várias pesquisas e descobertas aconteceram neste século em um ritmo acelerado, e assim como em uma adolescente o desenvolvimento corpóreo acelerado provocam “estrias”, a genética do século XX e início do século XXI sofre rupturas de paradigmas concebidos como verdades estabelecidas, manifestação ainda herdada da ciência moderna e do positivismo lógico.

## 2.5 A HEREDITARIEDADE CONTEMPORÂNEA A MENDEL E O FLORESCER DO SÉCULO XX

A transição do século XIX para o século XX tem na ciência a caracterização de diversos acontecimentos e significativas descobertas, particularmente aquelas referentes à natureza da matéria, determinando excepcionais avanços tecnológicos, que por sua vez determinaram uma nova maneira de viver e compreender o mundo (CHASSOT, 2004).

Esta maneira de ver o mundo corresponde às lentes que se formam no olhar de um cientista ao construir o processo histórico científico. Conforme Kuhn (1974), ao aceitar um paradigma, a comunidade científica adere-se, conscientemente ou não, à atitude de considerar que os problemas pelos quais trabalhará serão respondidos por este paradigma ou esta lente. Diante desta perspectiva, o cientista é encorajado a trabalhar dentro deste paradigma, e a buscar respostas às quais ele dê suporte de resolução.

A ciência em nenhum momento procura desestabilizar seus paradigmas, fato evidenciado por Kuhn, conforme citado. No entanto, em seu percurso, não há como a ciência

controlar os resultados das pesquisas que se desencadeiam, e por isso de tempos em tempos sofre as rupturas de conceitos consagrados e estabelecidos pela comunidade científica.

Um exemplo deste fato poderá ser observado no decorrer deste tópico acerca do salto que a história da hereditariedade desperta do século XIX para o século XX, e ainda os resultados alcançados muitas vezes inesperados ao final do século XX.

No que se refere à história da hereditariedade, não restam dúvidas de que Gregor Johann Mendel (1822-1884), ao realizar seus primeiros cruzamentos com ervilhas abriu as portas para a pesquisa moderna, chegando mais próximo da compreensão da hereditariedade do que qualquer outro pesquisador de sua época. No entanto, como apontado por Mayr (1998), o trabalho de Mendel deixa, ao final do século XIX, muitas questões relevantes para serem respondidas pelos cientistas dos séculos vindouros, as quais contribuíram para o desenvolvimento de novas concepções acerca da hereditariedade ao envolverem aspectos como a mutabilidade do material genético no indivíduo ao longo das gerações, a formação das partículas hereditárias no corpo, e ainda a dúvida de como as partículas representantes da contribuição do pai e da mãe durante a reprodução mantêm a sua integridade após a fertilização, ou se fundem completamente.

Muitas destas questões só obtiveram respostas quase um século depois, com o auxílio da biologia molecular, ao demonstrar que o material genético contém a informação que passa de geração a geração. Dentre as teorias propostas sobre a hereditariedade entre 1860 a 1950, se destacam algumas descritas por cientistas contemporâneos de Mendel, entre estas, a teoria de Spencer, a pangênese, teoria grega defendida por Darwin e a teoria de Nägeli (MAYR, 1998).

A primeira teoria geral da hereditariedade proposta foi dedutiva, desenvolvida pelo filósofo inglês Herbert Spencer (1820-1903), em 1864, tendo forte influência do fenômeno da regeneração, como a capacidade de certos animais como alguns répteis, recuperarem a cauda perdida. Spencer postulou a existência de unidades fisiológicas existentes entre as células e as moléculas orgânicas simples, capazes de se auto-replicarem no interior do organismo. Em seus trabalhos, Spencer discute como eram e onde estavam essas unidades procurando estabelecer suas características que se relacionavam tanto com a herança de caracteres como também com a regeneração e a variabilidade do mundo vivo. Para Spencer, tais unidades não poderiam ser as proteínas que constituem os seres vivos, pois assim, o que diferenciaria um animal do outro se as moléculas são iguais? Afirmando ainda que “o que nós podemos chamar de unidades químicas claramente não possuem esta propriedade” (SPENCER, 1966, p. 225).

Vale destacar que Spencer trabalhava dentro dos paradigmas epistemológicos de seu tempo, e no momento em que publicou *Principles of Biology* (1864), não havia sido compreendido a estrutura das proteínas, tão pouco havia sido conjecturado sua tamanha complexidade. A teoria celular também era recente, no entanto, já se sabia que a célula era envolvida por uma membrana e possuía um núcleo, porém, a função do núcleo ainda era incerta. Até a década de 1870, célula e protoplasma eram sinônimos e o núcleo era visto como um componente celular com pouca importância, o qual poderia estar presente ou não (MAYR, 1982).

Estas peculiaridades subsidiaram o fato de Spencer não ter suporte teórico para acreditar que o núcleo, ou o que nele estivesse, fosse responsável pela transmissão de caracteres. Desta forma, na tentativa de explicar como todos os tipos de características são transmitidas à prole, Spencer afirmou que “a hereditariedade resulta da tendência, que as unidades, contidas nas células germinativas e gaméticas, têm de se organizar em uma estrutura semelhante àquela da qual vieram” (SPENCER, 1966, p. 315). Spencer usou em suas teorias em vários momentos o método dedutivo, demonstrando forte influência do fenômeno de regeneração, como a capacidade de certos animais recuperarem a cauda perdida. Ora, em suas hipóteses, Spencer creditou às unidades fisiológicas o poder de resposta ao meio ambiente, ocasionando uma herança de caracteres adquiridos.

O episódio da escrita científica de Spencer demonstra alguns pontos de destaque na história da ciência. Spencer ao fomentar suas hipóteses recebeu influência dos acontecimentos científicos da época como, por exemplo, a teoria celular, que funcionou como um parâmetro para suas deduções, fato este que revela como às vezes essa herança de linearidade científica funcionam retardando as pesquisas. Em contrapartida, Spencer não partiu apenas de induções pautadas nos acontecimentos vigentes. Ao efetuar pontes entre hereditariedade, regeneração e ambiente usou de deduções e observações.

Outra teoria que perdurou durante esse período foi a da pangênese, proposta por Hipócrates na Grécia Antiga e defendida por Charles Darwin. Conforme já mencionados em tópicos anteriores, segundo esta teoria as qualidades hereditárias de um organismo seriam representadas nas células germinais por um grande número de partículas denominadas gêmulas, as quais se multiplicavam por divisão sendo transmitidas da célula-mãe para a célula-filha (RADL, 1988, MAYR, 1998).

Outra teoria que se desenvolveu ao final do século XIX, em 1884, foi proposta pelo botânico Karl Wilhem von Nägeli. A idéia central consistia na existência do protoplasma, termo designado pelos vitalistas, para uma substância especial, que não poderia ser

encontrado na matéria inanimada. Este material celular seria encontrado fora do núcleo e, posteriormente, foi denominado por Kölliker, de citoplasma (MAYR, 2008).

Para Nägeli o protoplasma consistia em dois componentes, o protoplasma ordinário ou nutritivo e o idioplasma, nome dado à porção do protoplasma que seria responsável pela constituição genética dos organismos. Nägeli designou esta separação ao observar que o pai e a mãe contribuíam na mesma proporção para a informação genética do filho, ainda que óvulo possuísse uma quantidade de massa muito maior que o espermatozóide. Em sua teoria o idioplasma consistia em longos filamentos que se estendiam de uma célula à outra, independentes do núcleo, na qual cada filamento possuía propriedades específicas. Os feixes destes filamentos controlariam as propriedades da célula.

Nos anos que seguiram as mais variadas publicações citavam Nägeli de forma extensiva e com respeito. Nägeli se tratava do único cientista de destaque da época, o qual Mendel estabelecia contato. No entanto, Nägeli se interessava pelos híbridos de espécies, em que a segregação mendeliana dos caracteres era rara ou ausente, como é o caso de sua planta favorita *Hieracium*, uma variedade de chicória, razão esta pela qual não compreendia e nem aceitava as descobertas de Mendel em seus experimentos com ervilhas. Mendel na tentativa de que Nägeli reproduzisse seus experimentos, escreveu uma carta com cento e quarenta envelopes de sementes etiquetadas. Como resposta Nägeli enviou sementes de *Hieracium*, desafiando o monge a reproduzir seus experimentos. Devido às peculiaridades desta espécie de chicória mencionadas, a tentativa foi um total desperdício (HENIG, 2001, WATSON e BERRY, 2005).

Não restam dúvidas de que os trabalhos de Nägeli foram importantes, pois ao separar o idioplasma do restante do protoplasma, contribuiu para conclusões posteriores de que o material genético estava no núcleo.

De acordo com Mayr (2008), na década de 1870, estava claro para os principais investigadores da área que a fusão dos núcleos do espermatozóide e do óvulo tinha importância genética. No entanto, que importância era essa e como os dois núcleos poderiam transmitir as propriedades genéticas dos pais era algo ainda obscuro. Era necessária ainda, a descoberta e a correta descrição da divisão reductiva durante a meiose das células germinativas em amadurecimento e a apreciação de que os componentes essenciais do núcleo eram os cromossomos.

No período de 1875 a 1880, os pesquisadores Balbiani, Benedem, Flemming, Scheicher e Strasburger, mencionados no tópico 2.2, acompanharam passo a passo os eventos da divisão celular. Com estas pesquisas se evidenciou que o núcleo é um órgão muito

estruturado e de composição específica, desencadeando para uma análise que partindo indivíduo para a célula, passou da célula para o núcleo e do núcleo para seus elementos entre eles os cromossomos (STRATHERN, 2001; WALLACE, 2002; OLIVEIRA et al., 2004).

Vale ressaltar que, enquanto no século XVIII a organização celular não descrevia ainda senão a combinação de estruturas, o mosaico de elementos pelo qual se caracteriza um ser, no século XIX essa organização adquiriu papel e função diferentes. A visão da disposição dos seres no espaço se transformou. Não só o espaço onde se desdobra o conjunto dos seres fragmentado em ilhotas isoladas, cortado em séries independentes, mas também aquele onde se instala o próprio organismo, enrolado à volta do núcleo, formado por camadas que o ligam ao redor. Segundo JACOB (1998): “São simultaneamente as relações estabelecidas entre as partes de um organismo e as que unem todos os corpos vivos que se encontram completamente redistribuídas” (JACOB, 1998, p. 114).

Mayr (1998) ressalta que nesse período, a divisão nuclear era interpretada de maneira peculiar, conforme os interesses do pesquisador. Os que estavam interessados no desenvolvimento pesquisavam como uma célula ovariana podia dar origem a células especializadas e abriram caminho para a teoria de August Friedrich Leopold Weismann (1834-1914). Em contrapartida, alguns pesquisadores estavam interessados na genética de transmissão e abriam caminho para a busca de quais mecanismos efetuavam a divisão do material nuclear, a ponto de duas partes iguais são transferidas para células filhas de uma célula em divisão.

Weismann se tornou conhecido por duas importantes contribuições com relação à teoria da hereditariedade. A primeira foi sua bem sucedida crítica do princípio da herança dos caracteres adquiridos, em 1882. A segunda diz respeito à distinção entre o germoplasma ou “plasma germinativo” (material responsável pela hereditariedade, contido nas células reprodutivas) e o somatoplasma ou “plasma somático” (células do restante do corpo). Weismann admitia que apenas o plasma germinativo fosse transmitido de uma geração a outra (MARTINS, 2003).

Esse cientista afirmou que a hereditariedade dependia da continuidade do germoplasma de geração a geração e, portanto, que as mudanças em um corpo ao longo da vida de um indivíduo não poderiam ser transmitidas às gerações subseqüentes, como previa Lamarck em sua lei da herança dos caracteres adquiridos. Para tanto, construiu um experimento simples, consistindo em cortar o rabo de algumas gerações de ratos. De acordo com a lei da herança dos caracteres adquiridos, os ratos sem cauda deveriam produzir descendentes ausentes de rabo, de modo que sua prole desenvolveria um coto atrofiado ou até

nenhum apêndice. No entanto, com este experimento Weismann demonstrou que o rabo continuava reaparecendo após várias gerações de ratos mutilados (WATSON e BERRY, 2005).

Durante o percurso da década de 1880, a história do núcleo foi se consumando, pois todas as pesquisas citológicas confirmavam a afirmação de Flemming, citado no tópico 2.2, que os cromossomos se cindem longitudinalmente, se encaminhando para os pólos da célula. Em 1884, Oscar Hertwig, citologista de animais, e Edward Strasburger, citologista de plantas, concluíram que o núcleo era o portador da hereditariedade. Hertwig e Kölliker, em 1885, afirmaram que o material verdadeiro do núcleo era a substância química isolada por Miescher na célula do núcleo, chamada de nucleína. Esses acontecimentos sinalizaram uma atenção especial ao entendimento da função dos cromossomos durante o processo de divisão celular e a base material da hereditariedade (MAYR, 1998).

Diante dessas descobertas, as concepções de Weismann sobre hereditariedade foram se alterando com o passar dos anos. Desenvolvidas a partir de 1883, em uma série de trabalhos curtos, suas idéias foram depois reunidas sob a forma de livros. Em 1885, guiado por certos argumentos teóricos e fundamentando-se nos estudos citológicos de Van Beneden, Hertwig, Strasburger, entre outros, Weismann conclui que as características hereditárias são transmitidas através do núcleo das células germinativas. Posteriormente, desenvolve uma teoria detalhada a respeito do mecanismo microscópico responsável pela transmissão das características hereditárias (MARTINS, 2003).

Para Weismann, a estrutura do plasma germinativo é bastante complexa, e estruturada em vários níveis. O nível mais básico, o dos “bióforos” (literalmente, “portadores da vida”), caracterizam-se os menores conjuntos de moléculas capazes de assimilar novas moléculas, crescer e se replicar.

Em sua perspectiva, os bióforos ao determinarem o conjunto de características de cada órgão ou tecido devem ser inseparáveis. Esse grupo indissolúvel foi denominado por Weismann de “determinante”, assim denominado por conter todos os fatores que determinariam a célula ou tecido em questão.

Os determinantes poderiam se nutrir, crescer e dividir-se em partes iguais. Células idênticas entre si possuiriam determinantes idênticos. No entanto, não se deveria supor que todos os tipos de tecidos fossem constituídos por células idênticas. Cada característica que fosse transmitida independentemente teria seu determinante particular: “Designarei as células ou grupos de células que podem variar independentemente a partir do germe como as ‘partes hereditárias’ ou ‘determinadas’, e as partículas do plasma germinativo que lhes correspondem

e que as determinam, de ‘partes determinantes’, ou ‘determinantes’” (WEISMANN, 1893, p. 57 *apud* MARTINS, 2003, p. 9).

Suas unidades se assemelham ao conceito de fatores mendelianos ou genes, no sentido de serem responsáveis por propriedades específicas de tecidos ou de órgãos particulares. Os determinantes não seriam livres e independentes uns dos outros, e sim estruturados em unidades maiores, chamadas “ids” (um termo cunhado por Weismann a partir da palavra “idioplasma”, utilizada anteriormente por Carl Nägeli):

[...] somos levados à suposição de grupos de determinantes, cada um dos quais representa uma unidade vital de terceiro grau, já que é composto por determinantes, que por sua vez são feitos de bióforos. Essas são as unidades que formulei de modo diferente muito tempo atrás, e ao qual foi dado na época o nome de plasmata germinativos ancestrais. Falarei agora sobre eles como ‘ids’, um termo que lembra o ‘idioplasma’ de Nägeli (WEISMANN, 1893, p. 62 *apud* MARTINS, 2003, p. 9).

Castañeda (1997) menciona que no momento em que Weismann publicou sua teoria de herança de desenvolvimento, em 1892, o quebra-cabeça que resultaria na genética moderna começava ser montado. Weismann iniciou uma linha reducionista da genética que chegou ao conceito atual de gene, propondo que nos cromossomos existiria uma seqüência de partículas que determinava as propriedades dos descendentes.

Para Singer (1947), a teoria do plasma germinativo, enunciada por Weismann, viabilizava um exercício de maior impacto que a da pangênese, como de fato ocorreu. De acordo com Mayr (2008), coube a Weismann a insistência de que o material genético estava localizado nos cromossomos. Portanto, apesar de os detalhes de que sua teoria da hereditariedade estivesse errada, foi um dos cientistas que contribuiu para o entendimento dos cromossomos ao desviar a atenção para a direção certa.

Durante a segunda metade do século XIX, outro estudioso da hereditariedade de destaque foi Francis Galton (1822-1911), primo de Charles Darwin. Galton realizou estudos estatísticos dos fenômenos hereditários e, a partir de 1865, dedicou-se à investigação das leis da herança, demonstrando forte interesse pela hereditariedade dos talentos. Sustentava que o tamanho do corpo, cor dos olhos, força dos músculos, inteligência e até moralidade eram herdados. Seus pontos de vista encontraram certa resistência daqueles que creditavam os dons de crianças de família talentosas ao meio ambiente (RONAN, 1987).

Diante das resistências, Galton não desistia de suas conjecturas, fato que o levou a advogar um programa de “eugenia” (do grego: bom em sua origem) para promover o que

considerava talento e saúde e suprimir doenças e estupidez. Galton acreditava isso ser necessário para qualquer sociedade que desejasse manter e promover sua posição no mundo. Para estabelecer suas idéias, se pautou de seus conhecimentos matemáticos e estatísticos, se propondo a estudar a hereditariedade da inteligência e sistematizar o estudo dos fatores que poderiam melhorar a qualidades das raças futuras. Para Galton, eugenia significava:

[...] a higiene da raça, ou como diz Forel, a seleção nacional; é a puericultura antes do nascimento (Pinard); é uma aplicação total das ciências biológicas (Houssay). Constitui a verdadeira religião do futuro, a ciência da felicidade, porque se esforça pela elevação moral e física do homem, afim de dotá-lo de qualidade ótimas, de fornecer-lhe elementos de paz na família, na sociedade, na humanidade (GALTON *apud* KEHL, 1935, p. 16).

Vale ressaltar que práticas eugênicas aconteciam desde a Grécia Antiga, a exemplo das medidas em prol do controle rigoroso dos nascimentos encontrados em Esparta, como o estímulo às mulheres robustas para gerarem filhos vigorosos e saudáveis, ao mesmo tempo em que crianças nascidas com imperfeições ou fragilidades eram atiradas do alto do Taygeto. (BIZZO, 1994/1995).

De acordo com Mayr (2008), no que se refere ao programa eugênico de Galton, as pessoas de todas as faixas do espectro político, da extrema direita à extrema esquerda, endossaram a idéia a princípio, concebendo a eugenia como uma forma de conduzir a humanidade a uma perfeição cada vez maior.

Galton enfatizava que as pessoas de “sangue ruim”, ou seja, geneticamente inferiores, só eram capazes de piorar as características genéticas de seus descendentes, não importando a qualidade do cônjuge do ponto de vista genético, ou, em termos mais prosaicos, se tivesse o “sangue bom”. Ao chegar a estas conclusões, Galton passou a desejar que o Estado controlasse os casamentos, permitindo-os somente àquelas pessoas consideradas superiores. Esse fato foi considerado uma eugenia positiva, ou seja, a melhoria da raça através da união de pessoas consideradas geneticamente superiores (BLACK, 2003).

Galton esperava recriar a eugenia como uma doutrina religiosa que governasse os casamentos. O casamento eugenista deveria ser “estritamente imposto como um dever religioso, como a lei do levirato jamais o foi”, escreveu Galton num longo ensaio, que listava tais precedentes entre os judeus, os cristãos e mesmo entre certas tradições primitivas (BLACK, 2003).



As bases filosóficas para as idéias de Galton estavam em torno das idéias de hereditariedade de Charles Darwin, com quem Galton mantinha longas correspondências sobre características herdadas, e da teoria do filósofo inglês Herbert Spencer (1820-1903). Spencer alegava que o homem e a sociedade evoluíam de acordo com a natureza que herdaram. Spencer criou o conceito de “sobrevivência do mais capaz”, alegando que “os mais capazes” continuariam a aperfeiçoar a humanidade, e os menos capazes, por sua vez, ficariam gradativamente mais incapazes e ignorantes. Ressaltava ainda que: ”Todo o esforço da natureza é para se livrar desses e criar espaço para os melhores, “[...] se eles não são suficientemente completos para viver, morrem, e é melhor que morram [...]”. Toda imperfeição deve desaparecer” (SPENCER, 1970 *apud* BLACK, 2003, p. 54).

Galton ao alicerçar suas idéias em Spencer e Darwin, prometia uma elevação moral e felicidade aos povos que se atentassem para o controle da hereditariedade dos considerados tipos inferiores, conforme segue:

A conseqüência de imperfeições congênitas, o estoque humano de nosso mundo civilizado é hoje em dia muitíssimo mais débil que de qualquer outro da espécie de animais domésticos ou selvagens [...]. As forças cegas da seleção natural, como agente que nos impulsiona para o progresso, devem ser substituídas por uma seleção consciente; os homens devem utilizar todos os conhecimentos adquiridos pelos estudos e pelo progresso físico e moral do futuro. A nação que primeiro e conscientemente resolver este grande problema, não só vencerá em todas as matérias de competência internacional, mas ganhará um lugar de honra na história do mundo (GALTON *apud* BETZHOLD, 1941, p. 7).

As idéias de Galton e as promessas, implícitas e muitas explícitas, aos poucos se fortaleceram e se transformaram em movimentos de caráter científico e social, cuja abrangência alcançou inúmeros países, os quais evidenciavam grande aceitação. Diante desses fatos vários congressos internacionais foram realizados e inúmeras publicações surgiram sobre o assunto, desencadeando assim, inúmeras associações eugênicas, entre estas, o Tribunal Eugênico, instituído na Alemanha logo após a ascensão de Hitler ao poder. Esse acontecimento foi considerado um empreendimento de “maior amplitude e decidida coragem” (KEHL, 1935, p. 25).

No que se refere à Galton, o mais significativo resultado de seus trabalhos em longo prazo foi à fundação de um laboratório de eugenia. Esse laboratório era ligado ao laboratório “biométrico” de Galton, destinado a coletar dados para estatísticas humanas, além de outros dados que ele organizara pela primeira vez, vinte anos antes. O novo laboratório tinha

estreitas relações com o University College, da recém fundada Universidade de Londres (RONAN, 1987).

A idéia de Galton era a de melhorar a qualidade da espécie humana por meio de uma reprodução consciente. No início do século XX, muitos cientistas defendiam a idéia de estimular a reprodução entre pessoas com características desejáveis – eugenia positiva – e desestimular a reprodução entre os doentes, mentalmente retardados e incapacitados – eugenia negativa. No entanto, com o decorrer do tempo, alguns geneticistas se afastaram dos programas eugênicos, não expressando, porém publicamente suas discordâncias. Em contrapartida, alguns pesquisadores como Karl Pearson e outros seguidores de Galton, continuavam entusiasmados. Na Alemanha, essas idéias tiveram grande aceitação, conforme citado anteriormente, associando a eugenia ao conceito de higiene racial, propulsando assim o nazismo que desencadeou conseqüências cruéis e perversas para a humanidade (VOGEL e MOTULKY, 2000).

A busca do homem pela melhor compleição física e mental dele próprio e de sua descendência, culminou com a tentativa de sistematização da eugenia, baseada em argumentos científicos e a esperança de melhorar e aperfeiçoar a espécie humana por meio do controle reprodutivo dos indivíduos. No entanto, apesar das conseqüências de uma eugenia negativa, que provocou dizimações raciais durante a II Guerra Mundial, idéias eugênicas ainda culminam na sociedade. A condenação de determinados aspectos da eugenia como concebida naquele momento histórico, limita a compreensão de como o desejo eugênico está implicitamente exercitado corriqueiramente, como quando são utilizadas as Novas Tecnologias Reprodutivas Conceptivas (NTRc), a exemplo da seguinte afirmação: “ficamos tranquilos porque só foram implantados embriões do sexo escolhido e, além disso, perfeitamente sadios” (MAI e ANGERAMI, 2006, p. 252).

De acordo com Mai e Angerami (2006), o termo ‘perfeitamente sadios’ representa a expressão evidente da preocupação que o ser humano tem em relação à sua descendência, e, mesmo que pareça um fato restrito ao âmbito privativo do indivíduo, ou do casal, reflete, isso sim, a forma como tal preocupação é expressa hoje, o que há alguns anos, provavelmente, seria substituído pela expressão “aperfeiçoar as qualidades e reduzir ao mínimo as imperfeições humanas, ideal este eugênico.

Conforme Mai e Angerami (2006), a eugenia não faz parte apenas do passado. O que se percebe são nuances diferentes ao tema. Ao passo que no passado a eugenia se destacou ao se utilizar das leis da hereditariedade para explicar comportamentos sociais indesejáveis, atualmente, os cientistas transitam no campo da composição dos genes.

Segundo Pereira (2001) e Gattás et al (2002), com o lançamento do PGH, na década de 1990, observou-se a concepção de um papel determinante do DNA em relação às características dos indivíduos, incluindo as de personalidade e comportamento por parte das pessoas. Essa atmosfera possibilitou uma garantia de que o DNA possuísse todas as informações codificadas (necessárias e suficientes) para determinar as características, como se o ambiente não interferisse na expressão gênica (BURBANO, 2006).

Em contrapartida, os dados obtidos pelo PGH e os conhecimentos genéticos em desenvolvimento na era pós-genômica, século XXI, ao invés de apoiar as noções familiares de determinismo genético, criaram desafios críticos a essas noções, ao evidenciar a possibilidade de influências externas ativarem ou silenciarem certos genes.

Ao longo deste trabalho, este assunto será retomado e aprofundado, se tratando de um dos cerne desta dissertação. Devido aos avanços biotecnológicos, os quais permitiram a manipulação do DNA, a eugenia passou a participar do cotidiano das pessoas, como ao possibilitar às pessoas vislumbrarem a busca da longevidade, o impedimento de doenças que poderiam desenvolver, entre outros. Tais fatos levantam alguns questionamentos, como: o momento atual retrata uma eugenia positiva? Qual a diferença deste momento em relação ao passado eugênico do início do século XX? Um dos objetivos deste trabalho tange na busca da compilação de respostas para questões como estas, que permearam ao longo deste capítulo.

Da mesma forma que as idéias de Darwin influenciaram os trabalhos de Galton, propulsionaram trabalhos de outros estudiosos, como Ernest Haeckel (1834-1919), defensor do darwinismo, que se interessou profundamente pela anatomia comparada de homens e animais. Este fato o levou a construir uma árvore ou linhagem para o homem e a sugerir que, durante seu desenvolvimento o embrião atravessa os mais importantes estágios adultos de seus ancestrais dessa linhagem evolutiva, o que se tornou conhecido como “lei biogenética” de Haeckel (RONAN, 1987; JACOB, 1985).

Ao final do século XIX, os biólogos mais jovens não concordavam com essa visão e começaram buscar respostas para um novo conjunto de questões, propulsionando intenso debate sobre a natureza das mudanças evolutivas. Como se sabe, Darwin propunha que estas seriam graduais e contínuas; o problema é que ele desconhecia a causa das variações, as "leis" da herança, o que o fez adotar hipóteses como a da herança dos caracteres adquiridos, incorporando-a em sua hipótese da "pangênese". A incipiente área do conhecimento, então chamada mendelismo e, logo, genética, vinha mostrando, ao contrário, que as mudanças nos organismos eram descontínuas, envolvendo diferenças qualitativas (ARAÚJO, 2001).

Esta situação abriu caminhos para a embriologia experimental do século XX e conduziu às experiências sobre criação de plantas. Desenvolvendo este tipo de trabalho se destacou o holandês Hugo de Vries (1848-1935). Nascido em Harlem, nos Países Baixos, De Vries vinha de uma família com tradição acadêmica, para qual ele endossava com sua grande sensibilidade botânica (RONAN, 1987).

De Vries propôs uma teoria da hereditariedade em que as unidades genéticas, os pangenes, migravam do núcleo para o citoplasma, determinando assim os caracteres das respectivas células. A teoria da pangênese celular foi confirmada em muitos dos seus detalhes pelos modernos conhecimentos genéticos. Sustentou a tese de que mesmo o pangene poderia ser responsável por um determinado traço em mais de uma espécie (HENIG, 2001).

Apesar da consciência de que nem todas as unidades genéticas pudessem ser funcionais a todo o momento, rejeitou a teoria da ativação do gene, e isso por algumas razões, como: por ter a opinião de que a atividade celular seria controlada por um determinante – agregado de bióforos – não conseguindo imaginar o que poderia acontecer à célula se o determinante que a controla fosse desativado. Outro fator preponderante para De Vries era o de não conseguir conceber um mecanismo que controlasse a ativação e a desativação das centenas de milhares de determinantes de um organismo.

Na década de 1890, De Vries descobriu uma planta denominada Prímula-da-tarde (*Oenothera lamarckiana*), a qual contribuiu decisivamente para seus trabalhos. De Vries percebeu que havia o que pareciam dois tipos diferentes dessa planta crescendo lado a lado no mesmo campo. Quando autofertilizada, a planta crescia de acordo com sua origem. No entanto, quando a fertilização era cruzada, emergiam três tipos diferentes que eram suficientemente distintos na forma da folha e em outras características para representar novas espécies (RONAN, 1987; HENIG, 2001).

De Vries descobriu que na prole, mesmo das linhagens puras, um pequeno número de indivíduos, entre dois ou três em dezenas de milhares, apareciam com uma alteração pequena, mas por salto. Para De Vries essa expressão não significava que a alteração seria considerável, mas apenas que havia uma descontinuidade, uma vez que não existiam formas intermediárias entre os não modificados e os poucos que sofriam alterações. Portanto, o fato marcante era a descontinuidade (SCHRÖDINGER, 1946).

Devido à esses trabalhos, De Vries acreditou ter encontrado um organismo ideal para demonstrar que não ocorriam as pequenas mudanças darwinianas, mas sim transformações que vinham em grandes saltos. Ele chamou esses saltos de “mutações”, e em 1901 e 1903 publicou dois volumes de *A teoria da mutação [The Mutation Theory]*. Seus trabalhos

respondiam algumas objeções à teoria de Darwin, como a de que pequenas variações seriam sufocadas pelo número superior de membros normais e sem variações em uma população. Para De Vries mutações seriam mudanças evolutivas capazes de instantaneamente produzirem uma nova espécie. Sugeriu que, por causas das mutações, novas espécies e novas mutações podiam ser influenciadas pela seleção natural, que teria como ação remover os não habilitados à sobrevivência (DE VRIES, 1904; MAYR, 2008).

Erwin Schroedinger (1887-1961), em sua obra intitulada *O que é vida?*, retrata este episódio de De Vries, sinalizando uma estreita relação das mutações com o que seria para o físico a teoria quântica: “*no intermediate energies occurring between two neighbouring energy levels*” [não ocorrem energias intermediárias entre dois níveis de energia vizinhos] (SCHRÖDINGER, 1946, p.34). Para Schrodinger, o físico estaria tentado a chamar de maneira analógica, a teoria da mutação de proposta por De Vries, de teoria quântica da biologia.

Schrödinger (1946) ressaltou que, acreditava haver muito mais que mera analogia entre as mutações e a teoria quântica. As mutações seriam devidas a saltos quânticos na molécula do gene. No entanto, cabe ressaltar que a teoria quântica tinha apenas dois anos de idade quando De Vries publicou sua descoberta, em 1902. Foram necessários mais uma geração para que houvesse uma conexão entre estes temas.

As investigações de De Vries se concentravam na transmissão dos caracteres e na origem da diversidade orgânica. Um de seus enfoques era o aspecto evolutivo, o que pode ser observado em suas análises quanto à relação entre mutações e criação de novas espécies. Rejeitou o conceito de espécie como unidade indivisível, afirmando que o estudo de um organismo conduzia à conclusão de que a natureza é composta de caracteres específicos. Em contrapartida, apesar de admitir que os pangenes fossem produzidos no núcleo, acreditava que a maior parte de seus movimentos e atividades ocorresse em outras regiões celulares. Cometeu dessa maneira alguns erros, como o de se recusar a acreditar que alguma coisa importante para a hereditariedade ocorresse no interior do núcleo celular – onde atualmente se sabe encontrar os cromossomos e genes. De Vries demonstrou forte influência reducionista, comparando que, assim como a física e a química iriam até as moléculas, a biologia deveria penetrar as unidades para explicar os fenômenos da vida (MAYR, 1998; HENIG, 2001).

## 2.6 O REDESCOBRIMENTO DOS TRABALHOS DE MENDEL

Os trabalhos de Mendel sobre a hereditariedade não obtiveram a repercussão e o reconhecimento que se esperava durante sua existência. Poucas citações foram feitas a respeito de seus trabalhos. Alguns cientistas ousaram dizer que Mendel estava muito a frente de seu tempo (vide tópico 2.6), justificando dessa forma, o que aconteceria somente em 1900.

Em 1900, três botânicos – o holandês Hugo de Vries, o alemão Carl Correns (1864-1933) e o austríaco Erick von Tschermak-Seysenegg (1871-1962), ao trabalharem com variações descontínuas, publicaram dentro de alguns meses relatos sobre o descobrimento de algumas leis da hereditariedade, de maneira independente uns dos outros. A divulgação das denominadas Leis de Mendel pelos cientistas no século XX, ocasionaram uma avalanche de pesquisas que, nos dez anos seguintes, procurou verificar sua validade no estudo de cruzamentos de animais e vegetais (JACOB, 1985; HENIG, 2001).

À luz da ciência, como explicar que três cientistas em locais distantes pudessem em um espaço de intervalo tão curto publicar trabalhos tão próximos entre si e aos de Mendel? De Vries e os demais chegaram às mesmas conclusões de forma independente ou se inspiraram nos trabalhos de Mendel?

Henig (2001), ao escrever *O monge no jardim*, aponta a formação de um mito em torno de Mendel, o qual reflete conceitos atuais sobre o progresso da ciência, das descobertas científicas e da natureza dos gênios.

O mito é o seguinte: Mendel trabalhou incansavelmente no seu jardim por sete anos, apresentou sua descoberta de “certas leis da hereditariedade” em duas palestras no inverno de 1865, e voltou ao anonimato apenas para ter seu trabalho “redescoberto” e ressuscitado ao mesmo tempo por três cientistas (um dos quais foi Hugo De Vries), trabalhando em três países diferentes, na primavera de 1900. A explicação que costuma ser oferecida para essa curiosa série de eventos é que o mundo ainda não estava preparado para as leis de Mendel em 1865, o que só aconteceria em 1900 (HENIG, 2001, p. 12).

O cerne que se forma em torno do “redescobrimento” dos trabalhos de Mendel, remete um ponto da ciência que muitas vezes atravessa a história despercebidamente: a maneira como acontece à construção da ciência. A sociedade está viciada a uma forma linear e maniqueísta de descrever o mundo. A genialidade dos cientistas é percebida como algo congênito, que os distingue dos mortais. Toda essa atmosfera reflete nas pessoas em geral e,

também, em muitos cientistas, um conceito de progresso científico linear e contínuo, e ainda a construção de mitos e flores em torno da construção da ciência (HENIG, 2001).

Com relação à redescoberta dos trabalhos de Mendel, Singer (1947) aponta que os trabalhos de De Vries, Correns e Tschermak não constituíram um casual encontro bibliográfico, que seria tão bem digerido pela sociedade atual, ainda arraigada dos conceitos positivistas da ciência moderna, como a busca de critérios de verdade e teorias que representem de maneira definitiva a realidade (JACOB, 1998). Ao contrário, resultou da busca deliberada, na literatura científica, de provas confirmatórias de dados obtidos.

Um fato que evidencia esta afirmação tange quanto às separatas, ou seja, as cópias do artigo de Mendel, que haviam sido distribuídas por ele. Possivelmente, De Vries tenha recebido uma cópia da separata do artigo de Mendel por Martinus Beijerinck, conhecido biólogo holandês, entre os anos de 1898 a 1900. Outra separata havia sido enviada também para Theodor Boveri que ao falecer a deixou ao Instituto de Biologia Kaiser Wilhelm em Berlim, que curiosamente tinha por diretor o cientista Karl Correns, outro dos redescobridores citados (HENIG, 2001).

Retratar a possibilidade de os três cientistas ter lido os trabalhos de Mendel no intervalo de suas publicações, e o mito que em torno das descobertas científicas, servem para a compreensão mais uma vez de que a ciência não é neutra e tampouco linear. Sua construção perpassou por vários episódios obscuros e tendenciosos, no qual prevaleceram paradigmas dominantes. No entanto, não restam dúvidas do grande número de trabalhos científicos desencadeados pela ciência durante seu percurso, que demonstram muitos de seus méritos.

## 2.7 A CIÊNCIA DA HEREDITARIEDADE: A CONSOLIDAÇÃO DA GENÉTICA CLÁSSICA

A partir da redescoberta dos trabalhos de Mendel, a hereditariedade alcança uma velocidade sem precedentes. A primeira década do século XX tem como preocupações as controvérsias evolutivas e as dúvidas quanto à validade universal da hereditariedade mendeliana. Nesse período, desencadeia na genética a consolidação da teoria da hereditariedade e a rejeição da transmissão dos caracteres adquiridos.

Deve ser ressaltado que a ruptura do paradigma dos caracteres adquiridos, não aconteceu de forma tranqüila e veloz. Ao final do século XIX havia o que Kuhn (1998)

denominava de paradigmas rivais. Alguns seguidores de Darwin como, Pearson e Galton creditavam às mudanças filogenéticas graduais a evolução. No entanto, os galtonianos relutavam em abrir mão da pangênese, bem como em aceitar as evidências dispostas por Weismann. Vale lembrar que, quando Darwin escreveu a teoria da evolução, não se sabia como as características eram transmitidas, uma vez que, a idéia de herança por mistura ainda predominava. Foram necessários alguns anos para que houvesse a consolidação da teoria evolucionista, que teve na redescoberta das explicações da segregação de fatores mendelianos grande parte de seu suporte. Ao passo que se deu a junção entre os conhecimentos genéticos mendelianos e a evolução darwiniana surgiu a teoria sintética evolucionista, pautada nos fenômenos de mutações e seleções, que propiciaram a compreensão de uma evolução gradual (JACOB, 1985; MAYR, 1998).

Outro ponto de ligação que a teoria mendeliana possibilitou, foi a compreensão de quanto as características dos seres vivos eram influenciadas por partículas internas. Na época em que Mendel faleceu, 1884, alguns cientistas, usando recursos ópticos cada vez melhores para estudar a arquitetura celular, cunharam o termo cromossomo para descrever os corpos finos e compridos existentes no núcleo celular. No entanto, a redescoberta e apreciação dos trabalhos de Mendel inspiraram à procura de um comportamento correspondentemente ordeiro nas estruturas físicas. Nesse período, início da década de 1900, acontece à associação dos fatores mendelianos aos cromossomos (WATSON e BERRY, 2005).

Por volta de 1902, Walter Sutton, um estudante americano de pós-graduação e o biólogo alemão Theodor Heinrich Boveri, investigavam separadamente, o comportamento dos cromossomos durante a meiose. Sutton ao estudar os cromossomos de gafanhotos, percebeu que quase todos eram duplos, como os fatores emparelhados de Mendel. No entanto, identificou um tipo de célula em que os cromossomos não apareciam aos pares, as células sexuais. O espermatozóide do gafanhoto possuía apenas um conjunto de cromossomos e não dois. Tal fato se assemelhava ao que Mendel observara nas células espermáticas das ervilhas, que também só portavam uma cópia de cada um dos fatores, logo, os fatores de Mendel deveriam estar nos cromossomos (SUTTON, 1902; GRIFFITHS *et al.*, 1993).

O zoologista alemão Theodor Heinrich Boveri (1862-1915), na busca de uma hipótese cromossômica, pautou seus trabalhos mediante algumas questões, como: Qual o papel de cada cromossomo? Todos os cromossomos eram equivalentes em termos de funções fisiológicas? Ou cada cromossomo executa um papel específico? Boveri tentou responder a estas perguntas, ao estudar os óvulos dispérmicos, comprovando que cada cromossomo não



equivaleria a outro, e que cada qual tinha seu próprio papel a desempenhar no desenvolvimento normal de um indivíduo (BOVERI, 1902).

Como já descrito, os trabalhos de Boveri e Sutton aconteceram separadamente e, também, com enfoques distintos. Ao desenvolver seus trabalhos, Boveri não tentou relacionar o comportamento dos cromossomos aos estudos hereditários de Mendel. Em contrapartida, Sutton ao propor uma teoria cromossômica de herança, estabelece uma ponte entre a genética mendeliana e o comportamento cromossômico. A teoria de Sutton foi importante, uma vez que forneceu um mecanismo de transmissão para explicar o comportamento dos fatores mendelianos, postulando que tais fatores estavam fisicamente localizados nos cromossomos. Tal constatação se baseava no comportamento paralelo entre os pares de cromossomos durante a meiose (MARTINS, 1999a).

Esse episódio retrata o modo com acontece a costura dos conhecimentos científicos, que são dispostos por conhecimentos que podem acontecer paralelos ou em períodos distintos, e muitas vezes por personagens divergentes, que receberam instigações peculiares para concluírem trabalhos que se agregaram ao longo do caminho.

Os trabalhos de Boveri a respeito da invariabilidade do número de cromossomos dentro de cada espécie complementavam perfeitamente os artigos de Sutton que tratavam da permanência dos cromossomos em gerações sucessivas de células. Tomados em conjunto, estes trabalhos mostravam que importantes informações hereditárias residiam nos cromossomos – informações estas que, de acordo com o que Mendel havia proposto e os cientistas estavam começando a acreditar, eram transmitidas na forma de “unidades” ou “fatores” (HENIG, 2001).

Os trabalhos de Sutton e Boveri receberam certa resistência, devido alguns cientistas veicularem uma desagradável semelhança com a teoria do preformacionismo. Para esses cientistas, poucas diferenças havia entre acreditar que um organismo era capaz de carregar em seu interior todos os seus descendentes formados, ou acreditar que seria capaz de carregar informações dessa descendência em código contido nos filamentos invisíveis localizados no núcleo.

Em 1904, Sutton e Boveri apesar de nunca se encontrarem, tiveram seus nomes unidos em uma das idéias mais revolucionárias da biologia no século XX, a teoria de Sutton-Boveri da Hereditariedade por meio de Cromossomos. Neste trabalho esses cientistas demonstraram, experimentalmente, a importância dos cromossomos para hereditariedade, o que na época era motivo de dúvidas e discussões (HENIG, 2001; WALLACE, 2002).

As descobertas de Sutton e Boveri receberam críticas e discordâncias por parte de alguns cientistas, entre eles Willian Bateson (1861-1926) e Thomas Hunt Morgan (1866-1945). De acordo com Mayr (1998), estes pesquisadores salientavam a falta de uma comprovação experimental para a teoria Sutton-Boverier. Bateson alegava não concordar com o caráter mecanicista da teoria dos cromossomos, preferindo apostar em uma abordagem mais holística, envolvendo idéias como a relação entre presença e ausência e os fenômenos periódicos que acontecem naturalmente.

Bateson, apesar de discordar da teoria de Sutton e Boveri, apresentou várias contribuições para a história da hereditariedade. Iniciou sua carreira com trabalhos morfológicos, passando por estudos sobre variação, até chegar à genética. Por meio de estudos experimentais com animais e plantas, verificou não apenas a aplicabilidade dos princípios mendelianos, mas também a existência de casos em que havia desvios de padrões mendelianos, como a associação de características, posteriormente denominada de “ligação” (MARTINS, 1999b; HENIG, 2001).

Em seus estudos, Bateson descobriu o princípio da ligação (*linkage*), porém não conseguiu explicar corretamente este fenômeno. Em contrapartida, criou diversos termos usados até o século XXI, como “alelo”, “homozigoto”, “heterozigoto”, usados em genética até os dias atuais. Bateson ainda cunhou o termo “genética” em uma carta ao colega Adam Sedgwick em abril de 1905, informando oficialmente ao Congresso Internacional de Botânica que um novo e bem desenvolvido ramo da fisiologia havia sido criado, a genética (BATESON, 1906). Vale destacar que, ao ser redescoberta a obra de Mendel, Bateson já havia realizado experimentos envolvendo casos de herança da variação descontínua por meio de estudos controlados, em plantas, borboletas e galinhas, obtendo evidências de que se assemelhavam à interpretação mendeliana (MARTINS, 2002; COCK, 1973).

Mayr (1998) salienta que Bateson avaliava a importância da teoria mendeliana muito acima de seus descobridores, contribuindo para a divulgação dos princípios de Mendel e defendendo a teoria mendeliana contra críticas que havia na época. Na prática, foi ele, portanto, o primeiro a divulgar o trabalho de Mendel, pois De Vries, Correns e Tschermak apenas citaram Mendel e comentaram alguns de seus aspectos, mas não descreveram sua pesquisa de forma completa. Bateson desenvolveu um novo programa de pesquisa mendeliana, de modo que, embora seguisse uma metodologia semelhante à de Mendel e divulgasse seu trabalho, não se dedicou simplesmente a testar, explicar e defender suas leis. Durante seu percurso científico, Bateson trabalhou com um amplo material experimental, partindo de cruzamentos experimentais, tentando verificar não apenas se os resultados obtidos

podiam ser enquadrados dentro das leis de Mendel, mais investigando a ocorrência de desvios, propondo novas leis (MARTINS, 2002).

Somente os experimentos futuros poderão mostrar até que ponto as conclusões de Mendel podem ser aplicadas a outras características, e a outras plantas e animais. Embora pouco tenha sido feito ainda, já sabemos de um grupo considerável de casos nos quais a lei vale, mas também temos evidência toleravelmente clara de que muitos fenômenos de cruzamentos apontam para a coexistência de outras leis de ordem de complexidade muito maior (BATESON, 1901, p. 3).

Bateson se concentrou nas exceções e desvios dos princípios mendelianos, procurando explicá-los por meio de novas leis. Tais fatos desencadearam enfoques diferentes entre a pesquisa de Bateson e Mendel. Ao passo que Mendel constatou que havia alguns padrões que regiam a formação de híbridos, Bateson, com o auxílio de seus colaboradores, foi além, procurando testar se esses padrões se aplicavam ao maior número de organismos possível. Ao se concentrar nas exceções, Bateson se preocupou na procura de leis mais complexas, que, entretanto, não invalidavam as que haviam sido propostas por Mendel.

A postura de Willian Bateson em relação aos trabalhos de Mendel apresenta a constatação da tendência de uma linearidade e progressão nos pilares da genética clássica, características essas positivistas (ZAMBIASI, 2006). Esse episódio pode ser também analisado nas lentes do epistemólogo Kuhn (1998), como a característica dos cientistas em trabalharem dentro de um paradigma, no caso as leis de Mendel que haviam sido redescobertas. Bateson ao trabalhar dentro de um programa mendeliano ilustrou o trabalho do cientista dentro de um paradigma pautado em pesquisas em comum.

A atitude de Bateson em testar as leis de Mendel e estabelecer outras previsões e novas leis, retrata o que Kuhn (1998) caracteriza como a busca do aprimoramento do paradigma, via resolução de conjecturas que alargam o seu leque, sem romper seu núcleo de leis. Nesse enfoque se percebe o quanto os acontecimentos históricos na ciência são grandes fontes do entendimento das concepções metodológicas e filosóficas que permeiam a ciência, apresentando grande importância para que se possa compreender sua construção de forma nítida e não pueril.

Conforme mencionado anteriormente, Thomas Hunt Morgan também apresentou discordância quanto à teoria de Sutton-Boveri sobre a hereditariedade cromossômica, no entanto não compartilhava das mesmas divergências de Willian Bateson. Morgan foi um forte opositor também da teoria mendeliana, porém, no ano em que publicou uma nota atacando

ambas as teorias, começou a publicar uma série de artigos, nos quais, gradualmente, passou a aceitá-las e defendê-las (HENIG, 2001).

O início do século XX havia sido marcado pela substituição das explicações teóricas pelo ideal da experimentação. Alguns objetivos tradicionais da fisiologia, tais como o controle experimental de fenômenos, sua natureza quantitativa, bem como a possibilidade de previsão, estenderam-se praticamente a todas as áreas da biologia. Envolvido por esse conjunto de objetivos Morgan assim se expressou em 1904, relatando:

O reconhecimento de que somente por métodos experimentais podemos ter a esperança de colocar o estudo da zoologia no mesmo nível de ciências como a química e a física é uma concepção relativamente nova [...]. Creio que geralmente se admite que na atualidade há maior necessidade de trabalhos experimentais do que de estudos descritivos e observacionais [*sic*] (COLEMAN, 1977, p. 162).

Morgan, ao buscar contrapontos na teoria cromossômica e mendeliana, se tornou um expoente nas experimentações, usando de determinados cruzamentos e o emprego de controles que permitiam prever quais tipos de descendência deveriam ocorrer. Inicialmente, o geneticista tinha dúvidas de que o núcleo fosse o portador dos elementos responsáveis pela hereditariedade, o que era um ponto fundamental da teoria cromossômica. Ao examinar no microscópio os delgados cromossomos, não viu como poderia explicar todas as mudanças que ocorrem de uma geração para outra. Morgan imaginava que se todos os genes se organizam em torno dos cromossomos e se todos os cromossomos são transmitidos intactos de uma geração para outra, certamente muitas características seriam herdadas juntas (WATSON e BERRY, 2005). Em contrapartida, os dados empíricos divergiam dessa ocorrência, de forma que a teoria cromossômica parecia insuficiente para explicar a variação observada. Diante de tais fatos Morgan escreve uma carta para um colega com quem havia escrito alguns trabalhos, Hans Driesch, considerado um proponente entusiasta da embriologia experimental, em que relata:

Estou contente que você esteja examinando o experimento de Boveri. Eu nunca confiei nele, mas até que ele seja esclarecido, o pessoal dos cromossomos vai achá-lo convincente (Carta de Morgan para Driesch, 17.04.1906, p.3-4 *apud* ALLEN, *Thomas Hunt Morgan*, 1966, p. 139).

Morgan estudou tanto a determinação do sexo como evolução e hereditariedade entre 1903 e 1910. Nesse período se mostrou cético, não aceitando qualquer teoria sobre a hereditariedade ou tentativa de explicar processos como a diferenciação celular ou origem das espécies por analogias ou hipóteses especulativas. No ano de 1910 publicou um artigo com

duras críticas à teoria mendeliana e cromossômica no *American Naturalist* (MORGAN, 1910a), e publicou também um artigo na *Science* (MORGAN, 1910b) sobre a descoberta da *Drosophila* de olhos brancos. Após essa publicação, escreveu uma série de artigos defendendo tanto a teoria mendeliana como a teoria cromossômica (MOORE, 1986).

Morgan e seus estudantes, Bruges, Muller e Sturtevant, por meio de uma série de estudos sobre a hereditariedade usando a mosca *Drosophila melanogaster*, encontraram evidências favoráveis à hipótese cromossômica da herança. Realizaram amplas experiências de cruzamentos, conseguindo demonstrar que os genes da mosca eram ligados em grupos em cada um dos cromossomos, os quais só poderiam ser rompidos pelo processo de recombinação (*crossing-over*). De posse desses dados construíram os primeiros mapas físicos, indicando a disposição linear e as distâncias relativas de vários *locus gênicos* em *Drosophila*.

Mas por qual motivo Morgan teria iniciado um trabalho com *Drosophilas*? Vale destacar que Morgan era um embriologista e por muito tempo havia se dedicado ao estudo embrionário e aos exames morfológicos. No entanto, na tentativa de entender o mecanismo de desenvolvimento que permite um ovo se transformar numa organização tão complexa como uma galinha, não se contentou com a explicação de uma força vital como ditavam alguns embriologistas da época. Para Morgan, era preciso buscar na hereditariedade a resposta para tais questões. Inicialmente trabalhou com ratos e ratazanas, mas os abandonou por considerar os mamíferos muito dispendiosos, reproduzirem-se vagarosamente e terem baixa imunidade às infecções (JACOB, 1998).

Por volta de 1906, um colega de Morgan chamou sua atenção para as virtudes da mosca do vinagre (*Drosophila melanogaster*). Essa mosquinha do vinagre havia feito sua primeira aparição em 1901 num laboratório na Universidade de Harvard. As drosófilas se tratavam de uma boa escolha para experimentos genéticos. São fáceis de criar em laboratório, suportam bem os experimentos, reproduzem-se o ano todo sem interrupção e ainda possuíam apenas quatro cromossomos (WATSON e BERRY, 2005).

Em 1907, as primeiras espécies da drosófila chegavam ao laboratório de Columbia por um estudante de Morgan. A partir de 1909, Morgan começou a se interessar pelas moscas de vinagre. Conforme Harrison (1937), Morgan ao trabalhar com drosófilas buscava verificar se ocorriam as mutações do tipo descrito por De Vries. Durante dois anos de trabalho e mais de quarenta e nove gerações de drosófilas observadas, Morgan se queixava de que nada havia dado certo e que havia perdido seu tempo com o cruzamento das moscas.

Ao contrário de Mendel, que dispunha de linhagens variantes, Morgan não dispunha de uma variedade de diferenças genéticas nas moscas drosófilas. Em genética, no entanto, não

é possível trabalhar enquanto não se isolem características distintas que possam ser acompanhadas ao longo das gerações. Devido a isso, a meta de Morgan era encontrar “mutantes”. Após algum tempo, Morgan observou uma mosca distinta em sua criação, uma mosca de olhos brancos. Sabendo que aquela mosca era rara e preciosa, todas as noites a levava em um vidro para casa, deixando-a ao lado de sua cama (HENIG, 2001; WATSON e BERRY, 2005).

A mosca de olhos brancos atingiu a idade adulta e Morgan a cruzou com fêmeas de olhos vermelhos. As moscas de olhos brancos eram, via de regra, machos. De posse dos dados, Morgan já sabia que os cromossomos determinam o sexo dos indivíduos, no qual a fêmea possui dois cromossomos X e o macho uma cópia X e outra Y. Diante deste fato, fêmeas de olhos brancos seria notoriamente um caso raro, pela característica se tratar de uma herança condicionada por um gene recessivo. Ao correlacionar um gene a um cromossomo, Morgan comprovou a teoria de Sutton-Boveri, encontrando também um exemplo de herança ligada ao sexo (*sex-linkage*), pela qual uma característica está desproporcionalmente representada num dos sexos (JACOB, 1998; WATSON e BERRY, 2005).

Esse acontecimento foi considerado por Morgan como uma oportunidade experimental rara que mudou sua linha de trabalho, adotando uma linha neo-mendeliana, o que Morgan combatia anteriormente. O fato se mostrou para Morgan como uma nova oportunidade para obtenção de resultados publicáveis, embora isso se conflitasse com os seus objetivos científicos até aquele momento. A recusa em aceitar a teoria cromossômica por parte de Morgan e Bateson revelou rumos diferentes na história da hereditariedade. Bateson apesar de ser responsável por várias pesquisas, ao recusar a teoria cromossômica diante de tantas evidências, se privou de descobertas e contribuições importantes para a ciência da hereditariedade. Morgan ao se dedicar à tentativa de encontrar uma alternativa para a teoria cromossômica, oportunizou avanços e descobertas quanto ao papel do cromossomo para a hereditariedade (HENIG, 2001).

No início do século XX, um pesquisador dinamarquês, Wilhelm Ludwig Johannsen (1857-1927), realizava experimentos de hibridação, chegando a resultados próximos daqueles obtidos por Mendel. Johannsen trabalhava com experimentações para comparar seleção com a lei da regressão de Galton, utilizando em seus experimentos as chamadas "linhas puras", ou seja, proles produzidas por um único indivíduo autofecundado, utilizando uma variedade de feijão, o *Phaseolus vulgaris*. Acreditava que estas linhas puras representariam o caso mais simples e que, se fossem entendidas, uma teoria geral poderia ser proposta (ARAÚJO, 2001).

Em experimentos realizados em 1901 e 1902, mostrou que a lei da regressão não se aplicava às linhas puras, ainda que fosse válida para a população total, composta de várias linhas puras. Os experimentos de Johannsen forneceram a base para a teoria da herança poligênica. Por meio desta teoria se estabeleceram que caracteres contínuos pudessem ser explicados pela herança de inúmeros fatores, os "poligenes". Elaborou ainda os conceitos de "fenótipo" e "genótipo", revelando que em uma linha pura os indivíduos poderiam ter fenótipos diferentes (resultado, em certa medida, de ambientes ligeiramente diferentes), no entanto, os genótipos seriam os mesmos, resultando assim na inatividade da seleção (HENIG, 2001).

Por volta de 1906 a 1908, Herbert Spencer e Raymundo Pearl, trabalhando com protozoários e aves domésticas, respectivamente, evidenciavam os resultados obtidos por Johannsen. Spencer e Pearl, estabelecendo o conceito de que a seleção não era efetiva sobre linhas puras em seus trabalhos, de modo que em 1910, poucos geneticistas sustentavam o contrário (PROVINE, 1971).

Em 1909, o campo da genética recebeu um novo impulso com a introdução da palavra gene. Johannsen, na época lecionando fisiologia no Colégio Agrícola de Copenhague, introduziu a terminologia, isso após três anos que Bateson havia introduzido o termo genética (HENIG, 2001). Mas o que Johannsen queria definir com a palavra gene? O pesquisador citou almejar uma palavra nova, livre dos conceitos preformacionistas associados com termo anteriores como as gêmulas usadas por Darwin ou os determinantes enfocados por Weismann. Neste contexto Johannsen escreve:

[...] parece mais simples isolar as duas últimas sílabas, gene, que é o que nos interesse [...]. A palavra gene está completamente livre de qualquer hipótese: ela expressa somente o fato evidente que, em qualquer caso, muitas características de um organismo são especificadas nos gametas por meio de condições especiais fundadoras e determinantes, as quais estão presentes de maneira única, separada e, portanto, independente – em resumo, precisamente o que gostaríamos de chamar de genes (JOHANNSEN, 1909, p. 124 *apud* KELLER, 2002, p.13)

Em seus escritos Johannsen parece introduzir a palavra gene sem se preocupar com um aspecto físico e palpável para a palavra, tampouco, criar um conceito diagnóstico estanque. Dois anos após ter introduzido a terminologia gene, Johannsen acrescentou:

O gene nada mais é que uma palavrinha muito bem aplicável, facilmente combinável com outras, e então pode ser útil como uma expressão para os fatores unitários, elementos ou alelomorfos nos gametas, demonstrados pelas pesquisas mendelianas modernas [...] quanto a natureza dos genes, ainda não vale a pena propor qualquer hipótese; mas que a noção de gene cobre uma

realidade, é evidente no mendelismo (JOHANNSEN, 1911, p. 132-134 *apud* KELLER, 2002, p. 14).

No início do século XX, em suas primeiras décadas havia, ainda, certo ceticismo em relação aos genes, demonstrado, principalmente, por T. H. Morgan, ao afirmar que “Não há opinião consensual sobre o que são os genes – se eles são reais ou puramente fictícios” (MORGAN, 1933, p. 315 *apud*, KELLER, 2002, p. 14). Entretanto, apesar desse comentário de Morgan, tanto para ele como para seus colegas, os genes já haviam se tornado entidades materiais, possivelmente análogos biológicos das moléculas e átomos da física, dotados das mais variadas propriedades. Um dos alunos de Morgan, o pesquisador Hermann Joseph Muller (1890-1967), afirmou não acreditar que o gene fosse apenas a unidade fundamental da hereditariedade, mas sim a base da vida (KELLER, 2002).

Mayr (1982) salienta que, nesse período, a terminologia ‘gene’, criada por Johannsen, caracteriza-se pouco a pouco, como os componentes das estruturas cromossômicas. Portanto, os genes, começam a ganhar contornos físicos, passando a ser representado como corpúsculos discretos dispostos linearmente como ‘contas de um colar’ (COUTINHO, 1998).

Em 1927, Muller descobriu que os raios X produziam mutações, observando que essas alteravam os padrões de desenvolvimento das moscas. Diante de suas pesquisas, Muller acreditava que o material hereditário deveria não somente ser capaz de replicar, mas também, quando alterado, ser capaz de replicar a forma alterada tão precisamente quanto à original (MULLER, 1927). No entanto, algumas questões ainda não tinham respostas para Muller e outros pesquisadores da época, como por exemplo, a composição química do gene, seu tamanho e suas propriedades. Diante de tais questões, por volta de 1929, Muller desalentado pronunciou:

Como esses genes determinam as potencialidades de reação do organismo e assim sua forma e funcionamento resultantes, é outra série de problemas, neste momento, praticamente um livro inteiro de fisiologia, que os fisiologistas até agora parecem nem ter meios nem vontade de abrir (citado em MULLER, 1962, p. 196 *apud* WALLACE, 2002, p 104).

Vale ressaltar que várias questões da genética clássica começaram a ser respaldadas firmemente a partir da década de 1920. De acordo com Sentis (1970), o início da genética atravessou dois obstáculos ao desenvolvimento da teoria mendeliana. Um deles seria a existência de caracteres latentes, inexplicáveis em termos de dominância e recessividade. Outro obstáculo se caracterizou pela noção de reversão, atavismo de raças, aparecimento de



caracteres que não existiam no estado normal dentro da espécie estudada, mas supostamente em uma espécie ancestral.

Para Mayr (1998), somente nas décadas após 1900 se estabeleceu a relação entre mendelismo e citologia. As especulações e suposições foram substituídas por evidências sólidas e provas consideradas incontestáveis. A partir da década de 1920, os aspectos básicos da hereditariedade se incorporam à genética. No decorrer do período entre 1910 a 1950, ficou cada vez mais nítido que moléculas altamente complexas constituíam a base da hereditariedade, e que a única maneira de progredir no conhecimento era entender algo mais sobre a química do gene.

Na década de 1940 várias pesquisas no campo da genética prepararam o caminho para a transição da genética mendeliana para a genética moderna. Para Burns e Bottino (1989) este período é marcado por uma mudança de pensamento do mecanicismo de herança para a base química do gene e na forma como age para produzir as características observáveis dos organismos vivos.

Apesar de o mendelismo não ter respondido todas as questões que emergiam ao percurso da década de 1940, persistindo vários detalhes importantes na espera de explicações, o mendelismo já havia sido traduzido em termos citológicos, explicando a maior parte dos fenômenos hereditários versados na época. Todavia, os genes eram estruturas fixas, localizadas nos cromossomos e correspondiam às estruturas descritas pelo monge Gregor Mendel, munido de tão poucos artefatos tecnológicos no século XIX.

## 2.8 A GENÉTICA MODERNA E SEU DOGMA CENTRAL: O GENE

A pergunta sobre o que é o gene e como este comanda a manifestação das características dos seres vivos começaram a ser refletidas ao final da primeira década do século XX, com os trabalhos do médico inglês Archibald Garrod, sobre uma doença humana rara chamada alcaptonúria. As pessoas portadoras dessa anomalia não conseguem decompor a substância alcaptona que fica acumulada nas cartilagens e tecido conjuntivo. Para Garrod, essa doença era o resultado do que chamava de um erro inato do metabolismo, ou seja, uma deficiência congênita que levava à interrupção de uma cadeia metabólica terminando com a formação da uréia (JACOB, 1998).

Os trabalhos de Garrod sugeriam que existia uma relação entre o material genético, o gene e a síntese de uma enzima. Portanto, havendo um erro na informação desse gene, a enzima correta não se forma, provocando erros no metabolismo. Essa hipótese também foi defendida na mesma época por Bateson, no entanto, tal como Garrod, não conseguiu fornecer provas experimentais suficientes para comprová-la (KLUG, CUMMINGS, 1997).

Apesar dos trabalhos direcionados nos anos de 1910 a 1940, havia dúvidas sobre a natureza do gene, composição e função. Nos anos de 1940 foram realizadas descobertas importantes sobre a natureza química do gene. Já em 1941, as conjecturas de Garrod foram comprovadas por meio dos experimentos mutacionais, realizados no fungo *Neurospora crassa* por George Wells Beadle (1903-1989) e Edward Lawrie Tatum (1909-1979). Estes pesquisadores deslocaram o enfoque de seus trabalhos da Genética Clássica para a Bioquímica, abrindo espaço para o que seria a posteriormente a Genética Biomolecular. Seus trabalhos contribuíram para materializar o gene, abrindo caminho para a identificação da sua natureza molecular e da sua função (WALLACE, 2002).

A idéia fundamental de Beadle e Tatum (1941) era que as mutações alteravam os genes tornando-os incapazes de produzir enzimas. Com isso, o organismo não podia realizar a reação química correspondente e, como consequência, expressava o fenótipo mutante. No caso em que a reação bloqueada fosse essencial ao organismo, o mutante não sobreviveria, ou seja, a mutação seria letal (FERREIRA, 2003).

Para testar essa hipótese, Beadle e Tatum começaram tentando induzir mutações letais em *Neurospora crassa*, por meio de radiação, e estudando seus efeitos bioquímicos. Concluíram que os inúmeros compostos orgânicos que constituem as células de *Neurospora crassa* são produzidos a partir de ar, água, sais inorgânicos, sacarose e a vitamina biotina, pois o fungo se desenvolve normalmente apenas com esses nutrientes. Assim, a partir dessa matéria prima simples, o fungo é capaz de sintetizar todos os tipos de aminoácidos, de proteínas, de gorduras, de carboidratos, de ácidos nucleicos, de vitaminas e de outras substâncias presentes em suas células (BEADLE e TATUM, 1941).

Entre um dos experimentos feitos por Beadle e Tatum, se destacou um deles referente à síntese do aminoácido arginina. A hipótese era que genes específicos controlavam a produção de enzimas específicas responsáveis por reações que levavam à formação da arginina. Por dedução, esses genes poderiam sofrer mutações, adquirindo formas incapazes de fazer as enzimas.

Beadle e Tatum desenvolveram um método para a identificação de mutantes letais relacionados à síntese de arginina e para o crescimento e a manutenção desses mutantes.

Esses pesquisadores concluíram que para *Neurospora crassa* sintetizar arginina era preciso várias reações controladas enzimaticamente. A hipótese que a função dos genes era controlar a produção de enzimas específicas ganhou apoio experimental (BEADLE e TATUM, 1941). Os resultados de seus trabalhos os levaram a relação “um gene-uma enzima”, porém, tais fatos não poderiam concluir que essa seria a única coisa que os genes faziam (KLUG, CUMMINGS, 1997).

Apesar dos trabalhos de Beadle e Tatum sinalizarem uma relação entre material genética e enzimas, uma questão ainda permanecia: que componente químico do cromossomo representa o material genético? A busca em desvendar todas as relações e o imbricado conhecimento dos genes continuava (WALLACE, 2002).

Alguns anos antes de Beadle e Tatum desenvolverem seus trabalhos, por volta de 1927, Frederick Griffith (1877-1941), médico inglês, trabalhava no laboratório de patologia do Ministério da Saúde Britânico. Fomentando a idéia de uma vacina contra a pneumonia, direcionava seus trabalhos com a bactéria *Streptococcus pneumoniae*. Griffith mostrou que os diversos tipos de pneumococos (I, II, III, IV) podiam existir sob duas formas. Uma dessas formas era não-virulenta e formava colônias com aspecto irregular, sendo batizada de “R”, do inglês *rough* (rugoso). A outra, virulenta, foi batizada “S”, *smooth* (lisa), pois as colônias apareciam lisas e brilhantes (WATSON e BERRY, 2005).

Durante seus experimentos, Griffith observou que, quando aquecidos, os pneumococos S perdiam a virulência. Mediante esses dados, Griffith teve a idéia de injetar em camundongos uma mistura constituída de células vivas não-virulentas (tipo R) e de células de tipo S, mortas pelo aquecimento e, portanto, inofensivas. Como resultado, observou que os camundongos injetados morriam devido à transformação de bactérias do tipo R em bactérias do tipo S. Griffith se comportou cético aos seus experimentos, esperando cerca de quatro anos para publicar os resultados de sua pesquisa (GROS, 1991).

Griffith concluiu que algum princípio transformante da bactéria lisa morta poderia passar para a bactéria da linhagem rugosa viva, transformando-a em lisa e virulenta. No entanto, Griffith era médico e de personalidade reservada, não se deteve em buscar respostas para a compreensão de qual seria a natureza molecular desse princípio transformante e hereditário e muito menos em freqüentar encontros proferidos aos cientistas (WATSON e BERRY, 2005).

Pouco antes de 1930, um jovem médico canadiano, Dawson, que trabalhava no laboratório de Oswald Theodore Avery (1877-1955), confirmou as observações de Griffith e melhorou as condições que permitiam observar a transformação dos pneumococos *in vitro*. O

jovem Dawson se deteve a outros trabalhos cedendo seu lugar ao médico J.L. Alloway, o qual foi responsável pela transposição de uma etapa importante desta investigação. Alloway foi o primeiro a tentar uma purificação química do princípio transformante. Até este momento, os investigadores se detinham apenas em misturar bactérias virulentas mortas com bactérias não virulentas para observar a formação de bactérias virulentas e vivas (GROS, 1991).

A década de 1930 foi marcada pelo auge do positivismo lógico e seus precursores. Era o momento da ênfase empírica e dos famosos testes legitimadores (ZAMBIASI, 2006). Nesse ambiente como poderia a bioquímica da hereditariedade se satisfazer com estas investigações? Diante desses aspectos Alloway conseguiu extrair das formas virulentas S uma espécie de material insolúvel no álcool, ressaltando a extraordinária viscosidade encontrada no material. Nas palavras de Gros (1991), Alloway, sem suspeitar, “acabava de, pela primeira vez – pelo menos de maneira intencional, [...], purificar por via bioquímica o material genético de uma célula (GROS, 1991, p. 41).

O olhar histórico sobre a ciência permite uma leitura dinâmica sobre seus alicerces. Ao Alloway realizar seus experimentos já havia se passado mais de sessenta anos sobre a identificação do ácido desoxirribonucléico por Miescher e, ainda, foram necessários mais seis anos para que esses experimentos fossem reconhecidos. De acordo com Gros (1991), o princípio transformante ilustra o que seria no século XXI uma evidência que a abundância de dados não é suficiente para validar um progresso decisivo do conhecimento. Na ciência para que uma pesquisa siga em frente, é preciso que tenha quem acredite e invista. Na época de Alloway, ninguém se dispôs a apostar na hipótese do DNA.

Nos anos que seguiram Avery e seus dois colaboradores Colin McLeod e Maclyn McCarty, haviam se interessado em reproduzirem o experimento de Griffith, a fim de isolar e caracterizar o que quer que houvesse transformado as células “R” em “S”. Em 1943, cerca de dez anos após iniciarem seus experimentos, Avery e seus colegas, submeteram seus manuscritos à revista científica *Journal of Experimental Medicine*, publicando seus resultados, com uma sofisticada série de experimentos que comprovavam que o DNA era o princípio transformador, desvendando a natureza do “fator transformante” de Griffith – o DNA (AVERY, McLEOD, McCARTY, 1944).

Vale destacar que por meios dessas pesquisas, Avery obteve evidências de que os genes eram compostos, não de proteínas, mas de um tipo específico de ácido nucléico - ácido desoxirribonucléico (MAYR, 1998; STRATHERN, 2001). Nessa atmosfera, muitos cientistas aceitaram as conclusões de Avery. Afinal, se o DNA é encontrado em todo o cromossomo, por que não seria o material genético? Em contrapartida, grande parte dos bioquímicos

expressou dúvidas quanto ao DNA ser uma molécula complexa para atuar como repositório de uma quantidade imensa de informações biológicas. Esses pesquisadores continuaram acreditando que as proteínas, o outro componente dos cromossomos, acabariam se revelando a substância da hereditariedade (WATSON e BERRY, 2005).

Apesar das evidências, as hesitações e resistências se justificavam pelo fato do pouco conhecimento acumulado na época sobre o DNA, ao passo que a teoria de Avery continha várias implicações teóricas quanto ao caráter de especificidade do material genético. Neste período quem melhor conhecia este gênero de substâncias era o químico orgânico P.A. Levene. De acordo com seu modelo o DNA era um arranjo repetitivo de nucleotídeos, dos quais quatro tipos distintos são quimicamente conhecidos. Ora, aos seus olhos o DNA e o RNA não eram nada além de moléculas simples, cuja massa molar seria inferior à da maior parte das proteínas conhecidas, logo não teria dimensões sequer para desempenhar um papel de destaque na genética (GROS, 1991).

Esse episódio retrata uma característica importante na ciência, o tempo necessário para a transição de um paradigma, e ainda que, isto não acontece sincronicamente por todos os cientistas ao mesmo tempo. No entanto muitos livros de genética ao retratarem alguns episódios da ciência, revelam uma ciência linear e sincrônica. Quanto ao DNA, por exemplo, vários exemplares apontam que a demonstração do DNA como princípio transformante havia sido a primeira demonstração de que os genes seriam os compostos do DNA (GRIFFITHS et al., 1998).

Um enfoque histórico revela que a idéia do DNA como material genético só foi aceita pela maioria da comunidade científica bem depois disso. Além do pouco conhecimento sobre o DNA, outro motivo de receio quanto às pesquisas desenvolvidas, se basearam no fato de as bactérias não serem aceitas por toda a comunidade científica como sendo geneticamente comparáveis aos outros seres vivos, dando origem à suspeita de que o “princípio transformador” poderia ser algo exclusivo desses seres primitivos. A publicação dos resultados de Avery desencadeou uma grande demanda de pesquisas sobre ácidos nucleicos para consolidar o que seria um dos pilares do paradigma genético biomolecular (MAYR, 1998; HAUSMANN, 1997).

Gros (1991) afirma que ao final da Segunda Guerra Mundial ninguém colocava em causa o fato da hereditariedade ter seu suporte químico em combinações de proteínas, sozinhas ou associadas a ácidos nucleicos. Os bioquímicos interessados a trabalhar com ácidos nucleicos eram considerados como estando a trabalhar com moléculas pouco importantes, cujo papel seria possivelmente apenas metabólico e destituído de relações

hereditárias. O rigor experimental e o imperialismo conceitual formado em torno das proteínas foram aspectos que contribuíram para ocultar uma observação que se inseriria entre as mais decisivas na genética molecular: demonstrar que o DNA era uma macromolécula depositária da informação genética nas combinações de suas subunidades.

A publicação do artigo de Avery aconteceu concomitante com o término da Segunda Guerra Mundial. Nesse período as pesquisas sobre a hereditariedade começam a ganhar propulsão, bem como, a biologia molecular. Essa atmosfera revela um período em que a ciência da hereditariedade acelera seus passos, um dos motivos históricos para isso se deu em função de os países vitoriosos do ocidente – Inglaterra, França e Estados Unidos, tomarem a frente na pesquisa do que denominavam de ciência pura, sendo os únicos países capazes de financiar os custosos projetos de pesquisa (RONAN, 1987).

Em meados do século XX, entre os cientistas que captaram o alcance da experiência dos trabalhos de Avery estava Erwin Chargaff (1905-1992), bioquímico de origem austríaca obrigado a emigrar aos Estados Unidos em 1934. Desde a publicação dos resultados das pesquisas de Avery, Chargaff compreendeu o papel central do DNA nos mecanismos de hereditariedade e a partir daí orientou nessa direção as pesquisas de seu laboratório na Universidade de Colúmbia. Utilizando a técnica de cromatografia em papel<sup>21</sup>, descobriu, no ano de 1949, que a relação entre as bases nitrogenadas era variável conforme as espécies, mas constante no interior de uma mesma espécie, ou seja, o DNA era *específico* (SILVER; 2003; WATSON e BERRY, 2005).

Chargaff demonstrou que, para toda molécula de DNA, o número de moléculas de adenina é igual ao das moléculas de timina, e que o número de moléculas de guanina é igual ao das moléculas de citosina. Infinitamente menos monótona do que se pensava até então, a molécula do DNA seria, portanto, suscetível de ser portadora da informação postulada pelo físico suíço Schroedinger (1946), no livro *O que é vida?*. Nessa obra, Schrödinger menciona pela primeira vez o termo “código” genético:

Ao chamar código a estrutura dos filamentos cromossômicos, queremos dizer que mente onisciente concebida por Laplace, para qual toda conexão casual ficava imediatamente clara, poderia dizer, a partir de sua estrutura, se o ovo se desenvolveria, sob condições favoráveis, em um galo preto ou em uma galinha pintada, em uma mosca ou em um pé de milho, em um rododentro, besouro, camundongo ou numa mulher (SCHRÖEDINGER, 1946, p. 20-21).

---

<sup>21</sup> Método de análise química que consiste em separar por capilaridade os constituintes de uma mistura - criado em 1906 pelo botânico russo Mikhaïl Semenovitch Tsvet (1872-1920).

Essa menção feita por Schrödinger (1946) demonstra que a idéia de que a estrutura do DNA revelasse a hereditariedade estava cada vez mais próxima de se confirmar. Vale pontuar que Schroedinger era um cientista curioso em entender o fenômeno da vida e, conseqüentemente, a transmissão das características. Esse físico inicia o prefácio de sua obra justificando seu interesse pelo assunto ao afirmar ter herdado dos antepassados o desejo aguçado pelo conhecimento unificado e abrangente. Segue ainda, se desculpando por acreditar ser quase impossível adquirir material confiável para reunir tudo o que sabia em uma totalidade. Felizmente Schroedinger se aventurou a embarcar em uma síntese de fatos e teorias, ainda que, munido pelo que citou de “conhecimento incompleto” (SCHRÖEDINGER, 1946, p. 7), sobre o assunto.

Esse ousado cientista fez ricas relações entre o material genético e outros componentes da ciência, como por exemplo, ao se referir à parte essencial de uma célula viva, comparou a fibra cromossômica a um cristal aperiódico. Schroedinger (1946) segue afirmando que a química orgânica, ao investigar moléculas cada vez mais complicadas, chegou muito mais perto do que caracterizou de cristal aperiódico e portador do material da vida. Nessa afirmação Schrödinger (1946) torna implícito que os cromossomos e, por conseguinte, o DNA, seria o material genético.

Os trabalhos da década de 1940 a 1950 permitiram estabelecer em vários momentos relações entre a bioquímica, citologia e a genética, bem como, contribuíram para o entendimento do mecanismo hereditário. Entretanto, ao passo que esses fatos aconteciam, outros acontecimentos preparavam novos rumos para a genética através da aproximação da física à biologia.

A ousadia de Schrödinger (1946) em publicar seus questionamentos e relações sobre a vida, contribuíram para essa aproximação. No entanto, a partir dos anos de 1940 um grande número de físicos passou a dedicar-se à biologia. Mediante os problemas de consciência que o uso de armas nucleares provocou na comunidade científica, a biologia surgiu como uma “nova fronteira” do conhecimento à qual a física quântica poderia fornecer novos e valiosos utensílios e onde jovens físicos poderiam encontrar uma área estimulante para a sua atividade.

Entre os físicos que influenciaram a biologia, está também, Max Delbrück. Nascido em 1906, em Berlim, defendeu tese de doutorado em física teórica em 1930. Em 1932, durante um estágio em Copenhaga, assistiu a uma conferência de Niels Bohr (“*Light and Life*”) que muito o impressionou. Bohr era o mestre da mecânica quântica e autor do polêmico “princípio da complementaridade”. Delbrück retira como mensagem disso a idéia de que seria necessário levar o estudo molecular dos seres vivos tão longe quanto possível, fazendo uma

abordagem diferente da vida e complementar ao que era realizado. Assim como os princípios da mecânica quântica só puderam ser revelados quando a matéria passou a ser estudada ao nível mais elementar – o átomo –, para descobrir os segredos da vida era necessário desvendar os sistemas biológicos mais simples (HAUSMANN, 1997).

Delbrück regressando a Berlim, se empenhou em aplicar à biologia os modelos do bombardeamento do átomo utilizados pela física, expondo a *Drosophila* aos efeitos dos raios X. O seu objectivo era relacionar o número de mutações com a energia das radiações utilizadas. A idéia era estabelecer um modelo quântico do gene que, como uma molécula, possuiria vários níveis estáveis de energia, no qual uma mutação seria caracterizada como a passagem de um estado estável a outro estado estável. Assim como as variações da matéria e da energia, as variações hereditárias também se estabeleceriam por saltos quânticos. Uma cópia dessas experiências chegou às mãos de Schrödinger, que passou a popularizar as idéias do trabalho como “modelo de Delbrück”. Outra cópia despertou o interesse de S. Luria que, posteriormente, viria colaborar com os trabalhos de Delbrück (COUTINHO, 1998).

Em 1937, Delbrück passou pelo laboratório de Thomas Morgan, em Pasadena, período em que, já havia se convencido de que a *Drosophila* era um sistema complexo demais para o estudo dos segredos da vida. Seria necessário, por isso, procurar sistemas elementares mais simples. Foi assim que escolheu os bacteriófagos, descobertos em 1917 por Félix d'Herelle, que lhe pareciam ser partículas biológicas elementares e que estariam, por isso, para os sistemas biológicos, como as moléculas para a matéria (WATSON e BERRY, 2005).

Por volta de 1941, o italiano Salvador Luria, chegou aos Estados Unidos começando a trabalhar com mistura de bactéria sensíveis e fagos juntamente com Delbrück. Dois anos mais tarde, Alfred Hershey se juntou à eles, formando o chamado "grupo do fago", que iria procurar esclarecer os mistérios ligados à replicação dos bacteriófagos. O programa desse grupo se baseava na convicção de que os bacteriófagos eram genes “nus”, conceito proposto pela primeira vez em 1922 por H. Muller. Os trabalhos do grupo rapidamente se traduziram em realizações concretas (HAUSMANN, 1997).

A realização mais importante do "grupo do fago" foi conquistada em 1952 por Alfred Hershey e Martha Chase numa série de experiências em que, pela primeira vez em biologia, foi utilizada a marcação de moléculas com substâncias radioativas. Nos trabalhos anteriores havia ficado evidente que o bacteriófago era constituído por um invólucro protéico que continha DNA em seu interior. Após marcarem alternadamente com  $^{35}\text{S}$  (que se incorpora nas moléculas proteicas) ou com  $^{32}\text{P}$  (que se integra no DNA), os bacteriófagos eram adicionados a culturas bacterianas. Todos os resultados demonstraram que o DNA marcado com  $^{32}\text{P}$  era



injetado ao interior das bactérias, onde se replicava e originava novos bacteriófagos. No entanto, as proteínas marcadas com  $^{35}\text{S}$  permaneciam fora das bactérias, demonstrando que o DNA era o material genético e que as proteínas apenas desempenhavam, neste caso, um papel de invólucro estrutural (HAUSMANN, 1997; WATSON e BERRY, 2005).

Esses trabalhos contribuíram para consolidar as conclusões de Avery, oito anos antes, sobre o papel genético desempenhado pelo DNA. Apesar de Avery ter sido criticado pela interpretação pouco rigorosa que havia realizado em alguns resultados, a falta de rigor de Hershey e Chase não recebeu tamanho bombardeio. Tais acontecimentos podem ser elucidados, pelo fato de que, durante esses oito anos, outros dados foram se acumulando, e ainda que, gradativamente, os resultados apresentados por Avery começavam a pesar no espírito dos investigadores (COUTINHO, 1998). Foi assim que, entre 1944 e 1952, a comunidade científica foi sendo preparada para aquilo a que Thomas Kuhn (1998) denominaria posteriormente de uma "conversão". A disparidade com que os geneticistas trataram Avery, por um lado, e Hershey e Chase, por outro, apenas demonstra que uma experiência científica não vale por si só, mas somente quando integrada numa rede complexa em que intervêm questões históricas e sociais.

A década de 1950 inicia com o interesse de alguns cientistas sobre o DNA, buscando compreender com maior minuciosidade sua composição e tentando desvendar os mecanismos pelos quais, a informação armazenada em estruturas moleculares relativamente simples, poderia se decodificar e se expressar numa enorme variedade de caracteres hereditários. Vale ressaltar que esse interesse dos cientistas havia iniciado anteriormente às publicações de Hershey e Chase. Era o momento da consolidação da genética moderna, a partir desse período um grande destaque se estenderia sobre dois cientistas a quem coube a descoberta do modelo conceitual – da dupla hélice, que abriria as portas à genética moderna: James Watson e Francis Crick (COUTINHO, 1998).

Watson, nascido em 1928, desenvolveu sua tese acerca dos "efeitos dos raios X no desenvolvimento dos bacteriófagos", sob a orientação de Salvador Luria. Ao concluir sua tese, Watson buscava um laboratório onde pudesse estudar a química do DNA, porém adivinha saber pouco sobre química para desenvolver suas pesquisas. Por volta de 1950 aceitou uma bolsa de pós-doutorado no laboratório do bioquímico Herman Kalckar em Copenhaga. Watson deduziu que os trabalhos desenvolvidos por Kalckar não o levariam a essência do gene, conforme relatou:

Ele estava estudando a síntese das pequenas moléculas que constituem o DNA, mas logo verifiquei que sua abordagem bioquímica jamais levaria a um entendimento da essência do gene. Cada dia despendido em seu laboratório seria um dia a mais de atraso para aprender como o DNA transmite informações genéticas (WATSON e BERRY, 2005, p. 54).

Ao final daquele ano, Watson participou de uma pequena conferência sobre métodos de difração de raios X na determinação da estrutura tridimensional das moléculas. Durante a conferência o inglês Maurice Wilkins, do laboratório de biofísica do King's College de Londres, realizou uma palestra sobre o DNA. Wilkins havia trabalhado durante a Guerra no Projeto Manhattan, e apesar de ter se desiludido com o ápice dos esforços creditados à explosão da bomba atômica em Hiroshima e Nagasaki, havia lido o livro de Schrodinger e se debatia com os segredos do DNA usando a difração de raios X (WATSON e BERRY, 2005).

Wilkins havia iniciado seus estudos acerca da estrutura do DNA, utilizando a técnica de cristalografia. Essa técnica consiste em projetar feixes de raios-X em determinado arranjo de átomos cristalizados e, por meio de métodos matemáticos, analisar o padrão obtido na difração dos raios-X neste material, visando a conhecer a real disposição e distribuição espacial dos átomos. A invenção dessa técnica aconteceu em 1913 pelo físico Lawrence Bragg (1890 – 1971), juntamente com seu pai, William Bragg (1862–1942), em um laboratório da Universidade de Cambridge, na Inglaterra, o que lhes valeu o Prêmio Nobel de Física em 1915. Cabe destacar que essa técnica só pôde ser concebida graças à descoberta dos raios-X por Roentgen em 1895.

Após a palestra Watson tentou conversar com Wilkins mas não conseguiu. Entretanto, já havia se convencido da superioridade das técnicas de cristalografia, em relação aos métodos bioquímicos convencionais, para tentar compreender o funcionamento dos genes.

Em 1951, Watson foi trabalhar no laboratório Cavendish, em Cambridge, sob a orientação de Max Ferdinand Perutz, o qual tinha como objeto de pesquisa analisar a estrutura da hemoglobina por meio da técnica de cristalografia. A técnica de cristalografia estava sendo muito utilizada para a análise estrutural de macromoléculas, ou seja, não só do DNA, mas também de outras moléculas presentes na célula. Por volta de 1950, essa técnica já havia possibilitado realizar estudos da estrutura de algumas proteínas, como, por exemplo, a queratina, a hemoglobina e a mioglobina, bem como constatar as três estruturas apresentadas pelas proteínas: hélices alfa, fitas beta e hélices randômicas (WATSON e BERRY, 2005).

Ao chegar a Cambridge, Watson teve a oportunidade de conhecer Francis Harry Compton Crick. Mais velho 12 anos do que Watson, Crick tinha feito a sua licenciatura em física. Após a leitura do livro de Schrödinger, *What is Life?*, desviou os seus interesses para a

biologia e, ao contrário da maioria dos cientistas da época, acreditava firmemente que era no DNA que se escondiam os segredos da genética. Nessa altura, já com 35 anos, estava ainda a trabalhar na tese de doutoramento.

Watson e Crick tinham muitas características em comum, como grande cognição e uma enorme ambição, rapidamente estabelecendo uma estreita relação que se fundamentava não apenas numa clara empatia pessoal, mas também no interesse pela estrutura do DNA. Possivelmente as formações académicas se completavam de modo a contribuir para seus objetivos.

A aliança entre Watson, um biólogo, e Crick, um físico, foi extremamente feliz. Watson era especialista em genética molecular, interessado em decifrar a estrutura do DNA. Crick era especialista em técnica de visualização conhecida como “difração de raios X”, que permite ao cientista determinar a disposição espacial dos vários átomos que constituem uma molécula (FERREIRA, 2003, p. 53).

Ao final de 1951, Watson assistiu ao seminário apresentado por Rosalind Franklin, no qual foi mostrada uma imagem do DNA obtida por ela pela técnica de difração de raios-X. Durante seu doutorado no laboratório Cavendish, Crick teve a oportunidade de especializar-se na técnica de cristalografia. Munidos desses conhecimentos e instigações, iniciaram a coleta de informações, pesquisas e materiais. Essas informações, ainda que incompletas, instigaram à construção do primeiro modelo apresentado por Watson e Crick, em dezembro de 1951, o qual foi um fracasso. Mesmo assim, eles não desistiram e continuaram as pesquisas relacionadas ao material genético (STRATHERN, 2001).

Vale lembrar que, os estudos em torno da molécula de DNA continuavam. Foi em 1952, oito anos após os experimentos de Avery e de seus colaboradores, que Alfred Hershey e Martha Chase confirmaram a hipótese proposta, segundo a qual o DNA é realmente o material genético. Hershey e Chase haviam concluído que era justamente o DNA, e não as proteínas, que era injetado pelos fagos nas bactérias, comprovando que esta molécula é o material genético. Todavia, havia uma grande dúvida: como era a complexa estrutura do DNA?

Watson e Crick eram dois dos vários cientistas interessados em desvendar esse mistério. Para conseguir isso, constantemente estavam à procura de informações e descobertas já obtidas acerca do ácido desoxirribonucléico, sendo este o fator que os conduziu à elucidação da estrutura do DNA. Até aquele momento, Watson e Crick haviam dedicado seus estudos aos resultados que se referiam a constituição química da molécula de DNA, a relação da proporção entre o número de bases nitrogenadas, observada por Chargaff e as imagens do DNA obtidas por difração de raios X (WATSON e BERRY, 2005).

Ao final de 1952 e início de 1953, outras informações se tornaram decisivas para que Watson e Crick concluíssem seus estudos. Entre essas informações, estavam algumas fotografias do DNA obtidas pela técnica de cristalografia por Rosalind Franklin. Watson teve acesso às fotografias por meio de um encontro que teve com Wilkins em Londres. Por meio desse material, Watson pôde ver perfeitamente que se tratava de uma estrutura em hélice. Além disso, Crick, um especialista neste tipo de análise, confirmou que as cadeias de polinucleotídeos se encontravam dispostas como uma hélice (STRATHERN, 2001).

Vale observar que, o trabalho de difração de raios X do DNA, desenvolvido por Rosalind Franklin, foi essencial para o desenvolvimento das idéias de Watson e Crick. Franklin possuía fotos bastante esclarecedoras, determinando que os fios de DNA pudessem apresentar duas estruturas diferentes, A ou B, dependendo do grau de umidade. No entanto, para o estudo com difração de raios X era preciso evitar a mistura das duas formas, o que não permitia a obtenção de imagens conclusivas (HAUSMANN, 1997).

Franklin possuía prismas divergentes de Watson e Crick, não se preocupando em desvendar o segredo dos genes. Curiosa e cética não se prendia a conjecturas aventureiras quanto à estrutura do DNA. Por outro lado, Watson e Crick se preocupavam quanto a primazia no esclarecimento da estrutura do DNA, de forma mais aguda em relação a Linus Pauling, do que em relação a Wilkins e Franklin.

No início de 1953, Pauling havia publicado um artigo no qual esboçava a estrutura do DNA. Em seu artigo propunha um modelo de três hélices, com um esqueleto de açúcar-fosfato formando um denso núcleo central. Sobre este artigo Watson comenta:

Na superfície, era semelhante ao nosso modelo atabalhado de quinze meses antes, mas, em vez de usar átomos com carga positiva (como  $Mg^{2+}$ ) para estabilizar o esqueleto com carga negativa, Pauling sugeriu algo pouco ortodoxo: os fosfatos seriam mantidos unidos por ligações de hidrogênio. Para mim, um biólogo, parecia que tais ligações de hidrogênio precisariam de condições tão ácidas que nunca foram encontradas numa célula. Uma rápida incursão ao laboratório de química orgânica de Alexander Todd, que ficava nas proximidades, confirmou minha convicção. O impossível acontecera: o mais renomado e, possivelmente, o melhor químico do mundo se atrapalhara. Para todos os efeitos, Pauling extirpara o A do DNA. O alvo da nossa busca era o ácido desoxirribonucléico, mas a estrutura que ele propunha não era sequer acidífera (WATSON e BERRY, 2005, p. 63).

Watson afirma ter levado às pressas o manuscrito à Londres para informar Wilkins e Franklin que ainda estava no páreo. Em seus relatos assegura que Franklin demonstrou desinteresse em ler o artigo, ao passo que, Wilkins se revelou interessado nas notícias de

Watson, alegando que mais do que nunca acreditava que o DNA era helicoidal (WATSON e BERRY, 2005).

Ao se resgatar um momento histórico na ciência se observa variadas nuances dos pesquisadores sobre o assunto. Nesse caso, Watson demonstra uma postura de pouca afinidade à Franklin, no entanto, os dados dessa pesquisadora, foram de suma importância para as pesquisas de Watson e Crick. Em janeiro de 1953, Watson realizou outra visita ao laboratório de Rosalind Franklin, em Londres, obtendo informações muito importantes. Watson teve acesso a algumas conclusões de Rosalind Franklin que permitiram com que em março de 1957 concluíssem seus trabalhos (STRATHERN, 2001)

De maneira pouco esclarecida, Watson e Crick tiveram acesso aos dados obtidos por Franklin, dentre eles que, o diâmetro da fibra de DNA, aparentemente espiralada, era de 20 Å, e que possivelmente de acordo com a densidade do material em espiral, estavam enroscadas mais de uma cadeia de polipeptídeos. Portanto, a estrutura desta macromolécula deveria se referir a uma dupla hélice. Mediante os dados, não demorou para que, Crick e Watson chegassem à conclusão de que os grupos fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ) estavam localizados fora da hélice, ou seja, na superfície externa da dupla hélice (HAUSMANN, 1997).

Em março de 1953, cinco semanas após iniciarem a construção do modelo, Watson e Crick desvendaram a estrutura do DNA. Em abril de 1953, as conclusões de Watson e Crick foram publicadas na revista *Nature*, no artigo intitulado *A Structure for deoxyribose nucleic acid*. Nesse artigo, Watson e Crick descrevem que a molécula de DNA é disposta em hélice e constituída por duas cadeias de polinucleotídeos antiparalelas, ligadas entre si por pontes de hidrogênio, de modo que a adenina se liga com a timina e a guanina com a citosina; cada cadeia é formada por grupos fosfatos, desoxirriboses e bases nitrogenadas, projetando-se para dentro da molécula (WATSON e CRICK, 1953). A propagação desta pesquisa os conduziu ao prêmio Nobel, juntamente com Maurice Wilkins, em 1962. O mesmo não ocorreu com Rosalind Franklins, pois a honra do Prêmio Nobel só é conferida a pessoas vivas, e Franklin havia falecido de câncer, aos 35 anos, no ano de 1958 (HAUSMANN, 1997).

Os trabalhos desenvolvidos por Watson e Crick propunham não só a estrutura molecular do DNA, como também a composição molecular dos genes. A partir desse momento, o gene não seria atribuído apenas como um fator hereditário, mas receberia uma definição molecular, caracterizando-se como seqüências de DNA transcritas e traduzidas em proteínas. As publicações de Watson e Crick sinalizaram o início da genética molecular. Ao retratar esse momento, Luria, participante do grupo Fagos e um dos pioneiros da biologia molecular, afirmou acreditar que a Genética Clássica foi convertida “de uma ciência

puramente biológica, em uma ciência química – Genética molecular”, identificando “os genes individuais com porções específicas de moléculas de ácidos nucleicos” (LURIA, 1979, p. 33).

Os trabalhos que se desencadearam a partir da década de 1950 buscaram alicerces em uma biologia voltada para as moléculas e as relações químicas. Um dos efeitos dessa atmosfera será a materialização do gene, que é reforçada posteriormente, pelos trabalhos da engenharia genética, na década de 1970 (KELLER, 2002). No entanto, essa nova lente de leitura e desenvolvimento de trabalhos, poderia ser considerada como o início de um reducionismo da genética clássica à biologia molecular? Aconteceu uma descontinuidade no desenvolvimento do conhecimento acerca do material genético?

Muitos trabalhos foram realizados sobre uma suposta redução da genética clássica à biologia molecular. No conceito de reducionismo, há uma relação entre a teoria original – redutora, e a teoria corrigida – reduzida. Diante da possibilidade de um reducionismo biológico a partir da década de 1950, a genética moderna de transmissão (clássica) seria a teoria corrigida, ao passo que a biologia molecular seria a teoria redutora (HULL, 1975).

Hull (1975) ao caracterizar o reducionismo afirma que a redução ocorreria entre uma teoria anterior, menos adequada, e a teoria posterior e mais adequada. Mas surge a pergunta: a que a genética clássica seria menos adequada que a molecular?

Diante dessas conjecturas, cabe lembrar que, muitas descobertas advindas da genética clássica, não caíram por terra, após a biologia molecular, mas atuaram como ferramenta para o desenvolvimento de muitas questões surgidas desde o século XIX. No que se refere à estudos de problemas de transmissão hereditária, a genética de transmissão é muito mais adequada do que a biologia molecular, que por sua vez, é muito mais adequada para estudar a estrutura e funcionamento químico das macromoléculas, incluindo segmentos de DNA.

Esses fatos evidenciam a presença de uma ruptura entre a genética clássica e a biologia molecular, ou ao invés disso, sinalizam o começo de uma relação entre paradigmas incomensuráveis? Para Coutinho (1998), no momento em que surgiu o paradigma da biologia molecular, possivelmente, se estabeleceram dois paradigmas incomensuráveis. Entretanto, ressalta que, no único terreno em que um e outro se referiam às mesmas entidades, o gene, conceituavam-o diferentemente (COUTINHO, 1998).

No que se refere ao percurso histórico da hereditariedade, cabe ressaltar que o modelo proposto por Watson e Crick não deixou dúvidas de que as duas fitas complementares do dúplice de DNA estavam enroscadas helicoidalmente uma com a outra. Isso explicava perfeitamente como o material genético era replicado antes de cada divisão celular, respondendo dessa forma, como esta informação poderia determinar as características de cada

indivíduo e o funcionamento dos organismos vivos. Apesar de Watson e Crick proporem que na replicação as duas fitas do DNA se abriam mais ou menos como um zíper, o modelo de replicação semiconservativo para a molécula foi publicado em 1958 por Matt Meselson e Frank Stahl, discípulos de Delbrück e Stent (WATSON e BERRY, 2005).

Meselson e Stahl planejaram um experimento considerado ainda hoje como exemplo clássico de teste experimental de hipóteses. Após cultivarem bactérias em um meio contendo átomos de N pesado, que foram incorporados ao DNA, os autores retiraram uma amostra e a transferiram para um meio de cultura com N leve, de modo a assegurar que no ciclo de reprodução seguinte esses átomos fossem utilizados na replicação da molécula. Em seguida, empregaram a técnica de centrifugação por gradiente de concentração, que permite separar moléculas de acordo com o peso molecular. Como Watson e Crick imaginavam, na replicação a dupla hélice do DNA bacteriano se abriu como um zíper e as duas fitas foram copiadas, resultando em duas moléculas híbridas, cada qual constituída por uma fita contendo N pesado e N leve, caracterizando uma replicação semiconservativa (HAUSMANN, 1997).

No período dessa descoberta, os componentes bioquímicos envolvidos na replicação do DNA estavam sendo analisados no laboratório de Arthur Kornberg, na Universidade de Washington, em St. Louis. Esse pesquisador recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia/medicina em 1959, por ter descoberto a DNA-polimerase, enzima que sintetiza DNA adicionando nucleotídeos à extremidade 3' de uma fita nascente. Nos seus estudos, Kornberg, utilizando-se dessa enzima, conseguiu induzir a replicação completa de um DNA viral em um tubo de ensaio. A partir desse cenário, muitas questões intrigantes quanto ao mecanismo molecular passaram a movimentar o mundo científico e a visão filosófica vitalista de que os conceitos e teorias biológicas não poderiam ser reduzidos às leis da física e da química foram perdendo forças.

A descoberta da dupla-hélice foi um golpe de morte no vitalismo. [...]. A vida era uma simples questão de física e de química – embora uma física e química de organização sofisticadíssima. A tarefa imediata [...] pela frente era decifrar como atuava o roteiro da vida codificado pelo DNA. Como o mecanismo molecular das células interpreta as mensagens das moléculas de DNA? (WATSON e BERRY, 2005, p. 74).

Nessas afirmações aparece um fortalecimento da visão mecanicista do século XVIII e a sensação de um reducionismo físico-químico. Essa visão perdurará até o início do século XXI. De acordo com Watson e Berry (2005), após estes acontecimentos da década de 1950, várias conjecturas foram idealizadas na tentativa de desvendar esse mistério molecular,

tentativas que se manifestavam antes mesmo da descoberta da estrutura da dupla-hélice do DNA.

Os próprios autores, Watson e Crick, já julgavam, antes dessa descoberta, que as informações contidas no DNA cromossômico fossem usadas para criar cadeias de RNA de seqüências complementares. Essas cadeias poderiam servir de molde para especificar a ordem dos aminoácidos em suas respectivas proteínas. Um ano após a publicação da dupla-hélice do DNA, em 1954, Gamow, um físico russo, idealizou um modelo que propunha que tripletos de bases do DNA serviam para especificar aminoácidos. Nessa mesma época, Crick propôs que o fluxo de informação DNA-RNA-proteína, constitui o dogma central da genética. Essa hipótese foi corroborada com descoberta, em 1959, da RNA-polimerase, enzima que catalisa a síntese de RNA a partir de uma fita molde de DNA (WATSON e BERRY, 2005).

Em 1955, Francis Crick presumiu que a molécula de RNA não continha o segredo da transformação DNA-proteína, mas que os aminoácidos eram levados por moléculas adaptadoras ao sítio de síntese protéica e, que tais moléculas, provavelmente, seriam pequenos RNAs. Pouco tempo depois, Paul Zamecnikos, médico de um hospital de Boston, utilizando materiais de fígado de rato e aminoácidos marcados radioativamente, identificou os ribossomos como a sede da síntese protéica. Esse mesmo pesquisador e seu colega colaborador, Mahlon Hoagland, descobriram que os aminoácidos, antes de incorporarem as cadeias polipeptídicas, estariam ligados a pequenas moléculas de RNA, comprovando a hipótese de Crick (WATSON e BERRY, 2005).

Nos anos que seguiram, Crick afirmou que a especificidade de um pedaço de ácido nucléico se expressava somente pela seqüência de suas bases, e que essa seqüência seria um código simples para a seqüência de aminoácidos de uma determinada proteína. Crick, concluiu suas afirmações ressaltando que o DNA seria o responsável pela formação do RNA, o qual produziria proteínas, que por sua vez, seriam responsáveis pela formação da vida. Dessa forma, apresentou o DNA como uma molécula que não apenas continha os segredos da vida, mas que também executaria suas instruções secreta (BURNS e BOTTINO, 1989).

Este quadro estabeleceu um dogma central na genética, articulado por metáforas entre os cientistas, a mídia e o público leigo - o DNA como o livro da vida - constituído por seus códigos, ao qual caberia à ciência iniciar uma nova etapa - decifrar a maneira pela qual a informação codificada no DNA era traduzida para proteínas e o mecanismo de regulação gênica (KELLER, 2002).



## 2.9 GENE - DOGMAS E INCERTEZAS: BIOLOGIA MOLECULAR, PGH E ERA PÓS-GENÔMICA

As publicações de Watson e Crick funcionaram como uma alavanca para uma série de pesquisas que se desencadearam em busca de respostas ao que se imaginaria ser uma seqüência linear e cumulativa de conhecimentos. Watson e Crick haviam proposto que a informação genética de um organismo estava na seqüência de bases no DNA, portanto, faltava entender sua natureza e regulação. O gene, material genético, se estabelecia como um dos dogmas centrais da genética moderna (ZAMBIASI, 2006; KELLER, 2002).

O momento era de certezas, parecia que as peças de um quebra-cabeça encontradas na genética estavam se encaixando e formando uma estrutura maior. Ao final da década de 1950, François Jacob e Jacques Monod forneceram evidências de um mecanismo de regulação gênica em bactérias. Porém, a ciência não se trata de uma peça de teatro, onde se pode escrever o roteiro e apenas ensaiá-lo na certeza de que tudo ocorrerá como conjecturado.

Em 1959, Jacob e Monod introduziram uma distinção entre “genes estruturais” e “genes reguladores”. O dogma central da genética moderna começou a sofrer sua primeira ruga. Em seus estudos sobre adaptação bacteriana, concluíram que a compreensão sobre biossíntese de proteínas requeria a aceitação de que os cromossomos abrigavam mais do que um tipo de genes - “não apenas genes que codificam para proteínas necessárias à construção do organismo (genes estruturais), mas também genes que regulam o ritmo pelo qual esses genes estruturais são transcritos” (KELLER, 2002. p. 68).

Em 1960, Jacob com auxílio de Matt Meselson e Sydney Brenner, havia descoberto uma nova forma de RNA, o RNA mensageiro, que se revelaria o molde da síntese protéica. Em seus experimentos mostraram que o RNA mensageiro passava pelas duas subunidades ribossômicas, onde se ligava aos RNAs transportadores, cada qual com um aminoácido, de modo a possibilitar a ligação peptídica entre os vários aminoácidos que constituíam uma proteína.

Essas pesquisas propulsionaram a parceria entre Jacob e Monod nos trabalhos sobre transcrição e regulação gênica, caracterizando o chamado modelo operon. As pesquisas desses cientistas se basearam na manipulação do material genético da *E. coli*. Em seus estudos observaram o ligar e desligar dos genes dessas bactérias e sua capacidade em fazer uso da lactose. Observaram que para digerir a lactose, essas bactérias produzem a enzima beta-galactosidase, que faz a decomposição da lactose em galactose e glicose. Porém, na ausência de lactose no meio bacteriano, a célula não produz beta-galactosidase. No entanto,

quando e a lactose era introduzida a célula iniciava a produção da enzima. Jacob e Monod, ao concluir que a presença de lactose induzia a produção de beta-galactosidase, resolveram estudar detalhadamente como ocorria essa indução (WALLACE, 2002).

Em seus experimentos encontraram sinais de uma molécula repressora que, na ausência de lactose, impedia a transcrição do gene da beta-galactosidase. A lactose se ligava ao repressor impedindo o bloqueio da transcrição, pois a presença de lactose permitia a transcrição do gene. Jacob e Monod descobriram que o metabolismo da lactose era um processo coordenado e não apenas uma questão de ligar e desligar um gene. Perceberam a presença de outros genes atuando na digestão da lactose, identificando ainda que, o sistema repressor servia como um regulador desses genes (WATSON e BERRY, 2005).

Esses trabalhos resultaram em análises publicadas em 1961, as quais levaram a identificação de uma nova entidade – um gene regulador, que funcionaria como um determinante hereditário que, em seu estado ativo, controlaria o ritmo da transcrição de certos genes estruturais específicos, sem contribuir com qualquer informação estrutural para as proteínas. Jacob e Monod concluíram o artigo afirmando que:

[...]. A descoberta dos genes reguladores e operadores, e de regulação repressiva da atividade dos genes estruturais, revela que o genoma contém não somente uma série de modelos, mas um programa coordenado da síntese da proteína e os meios de controlar sua execução (JACOB e MONOD, 1961, p. 354, tradução nossa).

Keller (2002) ressalta que um dos problemas para a hipótese “um gene-uma enzima”, bem como, para a própria noção de ação gênica permeava em torno da expressão gênica. Até Morgan, três décadas antes da análise de Jacob e Monod sobre regulação gênica, afirmou que:

A implicação da maioria das interpretações genéticas é de que todos os genes estão agindo todo o tempo da mesma forma. Isso deixaria inexplicado por que certas células do embrião se desenvolvem de uma maneira, se os genes, são os únicos agentes por trás dos resultados. Uma visão alternativa seria admitir que diferentes baterias de genes entram em ação à medida que o desenvolvimento ocorre (MORGAN, 1934, p. 9 *apud* KELLER, 2002, p. 69).

Ao estudar a regulação de síntese de proteínas em bactérias, Jacob e Monod encontram uma maneira de resolver o dilema de Morgan. Ora, os genes não agiriam simplesmente, mas seriam ativados ou inativados, quando entrassem em cena, nas conjecturas de Jacob e Monod, os genes reguladores. Cabe destacar uma divergência entre as conjecturas de Morgan e estes pesquisadores. Para Morgan os genes poderiam não ser os únicos agentes,

ao passo que, para Jacob e Monod, “o que quer que os genes estruturais fossem a dever em agência efetiva, poderia ser suprido por outro tipo de gene, o gene regulador” (KELLER, 2002, p. 69).

A terminologia “genes reguladores”, apesar de se estabelecer como um dos enfoques do modelo de regulação de atividade gênica – modelo operon – idealizado por Jacob e Monod, trata-se apenas de uma parcela entre as conjecturas propostas por estes pesquisadores. O termo *operon* se referia a um conjunto interligado de elementos regulatórios e genes estruturais cuja expressão seria coordenada pelo produto de um gene regulador situado em outra parte do genoma. A função do gene regulador seria instigar a síntese de um repressor, que, por outro lado, regularia a transcrição de genes estruturais ao se ligar a uma região operadora adjacente aos genes estruturais. Portanto, a transcrição genética poderia ser ativada ou desativada por proteínas reguladoras, que ao funcionarem como repressoras poderiam também ser desativadas por indutores, e assim, permitindo que a polimerase do RNA continuasse na transcrição dos genes estruturais (KELLER, 2002).

Cabe ressaltar que, de acordo com Watson e Berry (2005), Jacob e Monod obtiveram seus resultados estudando linhagens mutantes de *E. coli*. Não possuíam nenhuma comprovação direta de uma molécula repressora, cuja existência foi apenas uma inferência lógica da solução que deram ao enigma genético. Jacob e Monod haviam previsto a existência das moléculas repressoras, no entanto, tais idéias foram validadas na esfera molecular ao final da década de 1960, quanto Walter Gilbert e Benno Müller-Hill, conseguiram isolar e analisar a própria molécula repressora. Nessa época, e trabalhando em um laboratório do mesmo prédio, Mark Ptashne, consegue isolar e caracterizar uma molécula repressora em um bacteriófago, comprovando que as moléculas repressoras eram proteínas capazes de ativar e desativar genes (WATSON e BERRY, 2005).

A caracterização da molécula repressora completou um ciclo no entendimento dos processos moleculares. Watson e Berry (2005) otimizaram esse período retratando que, ao conhecimento de que o DNA produzia proteína por meio do RNA, havia se agregado o conhecimento de que certas proteínas se ligavam e interagiam diretamente ao RNA para regular as atividades dos genes. Portanto, esses estudos sinalizaram um novo entendimento ao conceito gênico, que de seqüências de DNA transcritas e traduzidas em proteínas, passaram a seqüências de DNA transcritas em RNA.

Vale lembrar que, conforme mencionado anteriormente por Keller (2002), essas pesquisas sinalizaram talvez o início de rugas ao dogma central da genética. A genética que precedeu os anos da década de 1960 salientava continuamente a importância do dote genético

recebido das gerações anteriores. Esse dote genético seria uma predestinação biológica, uma visão presbiteriana de que tudo estaria definido no gene.

O que nós, como seres humanos, fazemos nesse meio tempo é de pouca ou nenhuma consequência para determinar esse destino. Os genes, aos olhos de muitos, possuem o mesmo poder; façamos o que façamos, nosso destino está selado quando um certo espermatozóide [...] fertiliza um certo óvulo [...] (WALLACE, 2002, p. 184).

Wallace (2002) ao discutir os trabalhos de Jacob e Monod, menciona a distinção entre dois componentes genéticos, no que se refere às regiões de controle acima dos genes estruturais. O primeiro componente seria o segmento cromossômico constituído de genes estruturais e regiões de controle adjacentes, correspondentes aos fatores individuais estudados por Mendel. Essas seriam as unidades que forneceriam as proporções mendelianas associadas à hereditariedade dos genes cromossômicos. O segundo componente terminaria na região controle do gene cromossômico, mas surgiria em qualquer localização possível, incluindo o mundo externo à parede corpórea do indivíduo.

Voltando um pouco os trabalhos de Jacob e Monod, o gene regulador responderia a presença de lactose e ausência de glicose no meio da cultura de bactérias. O mecanismo sensor dependeria do transporte dessas moléculas de açúcar por meio da membrana celular e para dentro da célula, onde reagiriam com proteínas específicas repressoras.

Os estímulos externos não precisam penetrar na célula para alterar a ação do gene. Às vezes, é suficiente que uma substância química externa interaja com a parte exterior da proteína de uma membrana, que então altera [...] a configuração de um segmento interno. A alteração na configuração da proteína sensora que ocorre dentro da célula resulta em eventos bioquímicos que influenciam as regiões controle do gene – ou promovendo ou evitando a transcrição de um ou mais genes (WALLACE, 2002, p. 185).

O sistema de controle do mecanismo regulatório dos genes forneceu um amplo caminho pelo qual o meio ambiente externo efetivamente entra na célula e modifica processos genéticos que ocorrem dentro da célula. Portanto, trata-se de uma das rugas que o dogma central havia indiretamente fomentado - a predestinação genética. No momento em que o conhecimento sobre regulação e o controle do gene se tornam mais sofisticados, ambientes fabricados pelo homem propiciarão alterações substantivas e não apenas triviais na ação do gene (WALLACE, 2002).

Vale destacar, que na década de 1940, o pesquisador C. H. Waddington, caracterizando o termo epigenética, descrevia a idéia de que a experiência de um organismo poderia fazer com que seus genes se comportassem ou se expressassem de forma diferente.

Waddington (1957) ressaltou em seus trabalhos a interferência do ambiente na expressão gênica, retratando que a questão como aconteciam às grandes descontinuidades entre os tecidos ou órgãos que se estabeleciam no estagio inicial de desenvolvimento era um dos cerne da epigenética.

Em seu livro *The Strategy of the genes*, Waddington (1957) afirmou haver um mecanismo em que diferentes regiões do citoplasma de um ovo agiriam diferentemente sobre os núcleos, incentivando a atividade de genes em uma região e inativando em outras. Ressaltou que a constituição genética impunha uma limitação sobre o grau em que o fenótipo responderia as mudanças ambientais, retratando que uma “raça adaptada ao ambiente B não se tornaria completamente alterada de volta para a forma original, quando levada de volta ao ambiente A”. Seu desenvolvimento teria sido, “em certa medida canalizado para o fenótipo adequado B” (WADDINGTON, 1957, p. 162, tradução nossa).

Os trabalhos de Waddington se tratam da porta de entrada para entender os mecanismos evolutivos, as mutações e com isso a interferência do ambiente externo na expressão gênica. Porém, na época seus trabalhos não causaram grande impacto, como por exemplo, os trabalhos de Watson e Crick. O que Waddington propunha era muito mais complexo e instável no percurso de uma genética que se apresentava solidificada sobre alguns pilares de um reducionismo genético, como a certeza de que independente do ambiente, da alimentação, o que aconteceria com cada indivíduo estava predestinado em seu código genético.

Os trabalhos de Jacob e Monod iniciaram um processo de desestabilização sutil ao dogma da genética moderna, ao qual nem esses pesquisadores tinham dimensão. No entanto, o reducionismo genético ainda receberia grandes fomentações com o advento da engenharia genética. Uma contribuição para essa visão se deu em 1961, com os experimentos realizados por Brenner e Crick. Estes pesquisadores demonstraram que o código era baseado em tripletos, ou trincas de bases do DNA (GROS, 1991).

O código completo somente pôde ser desvendado após a descoberta de que RNAs poderiam ser sintetizados *in vitro* com a utilização de uma enzima específica, capaz de produzir fileiras de AAAAA , GGGGG ou UUUUU. Após sintetizarem uma série de RNAs constituídos de poli-U, poli-A, poli-G, poli-C e com bases intercaladas, Nirenberg, Matthaei e Khorana estabeleceram, em 1966, que o código genético é constituído de 64 códons e identificaram o que cada códon especifica. Nirenberg e Khorana receberam o Prêmio Nobel em Fisiologia/medicina em 1968 (BURNS e BOTTINO, 1989).

Na atmosfera do advento da engenharia genética, uma descoberta importante contribuiu para uma visão genética reducionista: a certeza de que com raras exceções, o código genético seria universal.

[...] a unidade do mundo vivo foi levada a um ponto que ninguém teria imaginado. Todos os seres vivos que vivem sobre esta terra, quaisquer que sejam seu meio, seu tamanho, seu modo de vida, seja uma lesma, uma lagosta, uma mosca ou uma girafa, todos são no fundo compostos por moléculas mais ou menos idênticas (JACOB, 1998, p. 9)

Esta descoberta promoveria mais tarde o estímulo para a maioria das pesquisas que revelariam o quanto essa informação ao invés de contribuir para a redução ao gene, demonstraria o quanto as regulações gênicas estariam envolvidas com a expressão de seres com códigos tão parecidos e expressões tão distintas, e ainda, o quanto o ambiente poderia interferir nessa expressão. Jacob (1998) destaca alguns pontos dessa percepção:

Assim, um fantástico paradoxo emerge hoje: organismos apresentando formas muito diferentes são construídos com a ajuda das mesmas baterias de genes. A diversidade de formas é devida a pequenas alterações nos sistemas de regulação que governam a expressão desses genes (JACOB, 1998, p.9).

Todos os seres vivos, do mais humilde ao mais elaborado, portanto, são parentes. Todos são primos em grau muito mais próximo do que poderíamos imaginar. Com os mesmos elementos, as mesmas unidades, o mundo vivo diversificou-se ao infinito ao longo da evolução (JACOB, 1998, p. 101).

Somos ao mesmo tempo parentes bem próximos e todos diferentes. A reprodução sexual é de fato uma máquina de fazer o outro (JACOB, 1998, p. 109-110).

As descobertas da década de 1960 promoveram dois ânimos distintos. Enquanto uma parcela de cientistas imaginava que a partir desse período a genética e a biologia molecular passariam por um longo período de estabilidade nos avanços científicos. Outra parcela vislumbrava manipular a molécula de DNA, isolando, modificando e transferindo genes de um organismo para outro: era o início de uma nova fase, porém linear e cumulativa para a ciência que havia descoberto o gene como o responsável pelas características dos indivíduos - a manipulação gênica.

A biologia molecular percorreu um longo caminho nos vinte primeiros anos após a descoberta da dupla-hélice. Conseguimos compreender o mecanismo básico da vida e adquirimos até uma vaga noção de como os genes são regulados. Mas, nesse período, tudo o que fizemos foi observar: éramos naturalistas moleculares para quem a floresta tropical era a célula - tudo o que podíamos fazer era descrever o que víamos. Chegara, porém, a hora de começarmos a agir. Menos observação e mais ação: a perspectiva de intervir,

de manipular coisas vivas, nos atraía. O advento das tecnologias de DNA recombinante - e, com elas, a capacidade de criar moléculas de DNA sob medida – tornaria tudo isso possível (WATSON e BERRY, 2005, p. 99).

Esta perspectiva tornou-se possível a partir do início da década de 1970, quando Paul Berg isolou e empregou uma enzima de restrição para cortar uma molécula de DNA e uma enzima denominada DNA-ligase para ligar dois fragmentos de DNA, produzindo uma molécula híbrida, denominada de DNA recombinante. A partir deste evento, iniciou-se uma nova era para a genética e a biologia molecular, a era da tecnologia do DNA recombinante (HAUSMANN, 1997).

A consolidação desta tecnologia só foi possível devido à descoberta de quatro ferramentas básicas. Uma dessas ferramentas, a enzima DNA-polimerase, havia sido descoberta no início de 1950 por Arthur Kornberg. A enzima DNA-polimerase replicava o DNA, formando uma cópia complementar a partir de uma única fita genitora. Kornberg percebeu, que o produto final possuía uma cópia idêntica à original, porém, se comportava de forma inerte, não vivo.

Kornberg observou que algo faltava. O ingrediente ausente permaneceu um mistério até 1967, quando, Martin Gellert e Bob Lehman identificaram em trabalhos independentes, outra enzima muito importante, a DNA-ligase, responsável em unir as extremidades de segmentos de DNA. A partir de então, utilizando-se apenas duas enzimas, foi possível obter uma molécula de DNA igual ao vírus original, ou seja, com a DNA-polimerase a molécula de DNA era replicada e, posteriormente, a ligase, unia os vários trechos de material genético, formando uma macromolécula contínua (WATSON e BERRY, 2005).

Estes trabalhos possibilitaram que o DNA viral artificial se comportasse como o natural. A molécula de DNA criada em um tubo de ensaio por Kornberg se comportava como o vírus normal que se multiplicava em bactérias. Ora, “usando apenas duas enzimas, alguns ingredientes químicos básicos e o DNA viral a ser copiado, Kornberg criara uma molécula biologicamente ativa” (WATSON e BERRY, 2005, p. 102).

Esse episódio não poderia passar despercebido pela mídia, que, de acordo com Watson e Berry (2005, p. 102) noticiou que Kornberg “havia criado vida num tubo de ensaio, inspirando o presidente Lyndon Johnson a referir-se ao seu feito como uma realização assombrosa”. Um ponto que merece destaque nesse episódio é a maneira como a imprensa noticiou o acontecimento. Qual a sensação que a mídia transmitiu nessa veiculação? A mídia precisa vender sua informação, e a maneira mais fácil para isso, é transmitir uma notícia de impacto, que alcance o público leigo. Nessa tentativa, a mídia até o século XXI, tem

veiculado uma ciência determinista, com a idéia de que o material genético teria todas as informações e bastaria por meio das tecnologias, manipulá-las (LEITE, 2006).

Sobre esse assunto, Bubela & Caulfield (2004, p. 1404) afirmam que os meios de comunicação, bem como, os periódicos científicos, não seriam mais do que “colaboradores cúmplices” dessa visão determinista. Não deve ser esquecido que essa veiculação determinista recebe as bênçãos de vários cientistas do plantel da década de 1950. Esses cientistas presenciaram muitos acontecimentos entre as décadas de 1950 e 1980, da dupla-hélice à manipulação gênica. O que torna compreensível essa visão determinista entre estes pesquisadores.

Voltando ao advento da engenharia genética, outro trabalho que contribuiu para a pesquisa com DNA recombinante, foi a identificação de um terceiro grupo de enzimas por Werner Arber, ainda na década de 1960, tendo sido essas enzimas denominadas de *enzimas de restrição*. Ao estudar a infecção de bacteriófagos por vírus, Arber verificou que o DNA estranho, provindo de bacteriófagos, incorporado na bactéria, sofria degradação pelas enzimas de restrição. Seu mérito foi conseguir explicar os fenômenos de adaptação que associavam em definitivo um tipo de vírus à primeira estirpe e restringiam ao mesmo tempo a sua capacidade de desenvolver sobre outra, mostrando que as modificações se reproduziam ao nível do DNA do vírus (GROS, 1991).

O próximo ingrediente para a revolução do DNA recombinante surgiu com os estudos sobre a resistência bacteriana. Na década de 1960, observou-se que muitas bactérias desenvolviam resistência a antibióticos por meio da importação de uma porção de DNA extracromossômico, denominado de plasmídeo. Assim, uma bactéria, ao receber o plasmídeo de outro semelhante, imediatamente adquiriria vários genes, de uma maneira completamente diferente do processo de cissiparidade, tipo de reprodução característico desses seres vivos (WATSON e BERRY, 2005).

A década de 1970 era para a genética biomolecular o início de uma nova etapa. Nas palavras de Watson e Berry (2005), todos os ingredientes para produzir o DNA recombinante já existiam:

[...] podíamos clivar moléculas de DNA usando enzimas de restrição e isolar as seqüências (genes) que nos interessassem. Segundo, usando a ligase, poderíamos “colar” essa seqüência num plasmídeo [...]. Por fim, poderíamos copiar um pedaço de DNA inserindo esse mesmo plasmídeo numa célula bacteriana – a divisão bacteriana normal cuidaria de replicar o plasmídeo com nosso pedaço de DNA [...]. Se deixássemos essa célula se reproduzir continuamente, acabaríamos com uma gigantesca colônia de bilhões de bactérias. A colônia era, portanto, uma verdadeira fábrica de DNA (WATSON; BERRY, 2005, p. 104).



Stanley Cohen de Stanford, Herbert Boyer, da Universidade da Califórnia, e seus colaboradores, foram os primeiros a passar de fatos para atos. Boyer se ocupava nos trabalhos com enzimas de restrição e Cohen com plasmídeos. Em 1971, Cohen havia idealizado um método para induzir células bacterianas da *E. coli* a importarem plasmídeos de fora da célula. Mediante essa idéia, uniram pedaços de DNA, um fragmento de restrição, com o DNA de um pequeno plasmídeo cortado com a mesma enzima de restrição, em presença de ligase, e com este material transformaram células de *E. coli*. O plasmídeo possuidor de genes de resistência à antibióticos, foi absorvido por uma cepa suscetível a antibióticos. Essa cepa permaneceu resistente ao antibiótico ao longo das gerações subseqüentes, pois as cópias do DNA plasmídeo foram transmitidas intactas em cada divisão celular (HAUSMANN, 1997; WATSON e BERRY, 2005).

Em seus desafios Boyer e Cohen tinham a intenção de criar um plasmídeo híbrido usando um DNA de um tipo diferente de organismo – um ser humano, por exemplo. Um dos primeiros experimentos bem sucedidos envolveu a inserção de um gene da rã com garras africana em um plasmídeo da *E. coli* e o transplante desse para bactérias. Ao passo que as células das colônias de bactérias se dividiam, duplicavam o segmento inserido do DNA do anfíbio. De posse do conhecimento de que um trecho de DNA possui as mesmas propriedades químicas independente do organismo, tornou-se evidente que a intenção de clonar fragmentos de DNA plasmídico funcionaria com o DNA de qualquer espécie (GROS, 1991; WATSON e BERRY, 2005).

Nas palavras de Watson e Berry (2005):

Iniciava-se assim a segunda fase da revolução em biologia molecular. Na primeira fase, buscamos descrever como o DNA atua na célula; agora com o DNA recombinante, dispúnhamos de ferramentas para intervir, para manipular o DNA. O cenário estava pronto para avanços rápidos e descortinávamos a oportunidade de bancar Deus (WATSON e BERRY, 2005, p. 108).

Estas afirmações demonstram mais uma vez o quanto a rapidez nas pesquisas a partir da dupla-hélice ocasionaram certo *frisson* entre os pesquisadores. De forma nítida ou sutil, se percebe que a idéia de descobrir os segredos que pareciam estar apenas escritos no código genético, se expressava de forma cada vez mais possante entre os pesquisadores. O que pode se deduzir que esses pesquisadores quereriam pesquisar após a descoberta da manipulação gênica? Iniciava um panorama que refletiria cerca de dez a quinze anos depois na busca pelo seqüenciamento gênico.

Com os dados sobre o genoma, serão reveladas doenças por vir ou riscos de doenças. [...].

O conhecimento do genoma permitirá localizar um número crescente de seqüências de DNA nas quais certas mudanças estarão associadas a um risco aumentado de estados patológicos como o diabetes, depressão, câncer, problemas cardiovascular, etc. Em certos casos, o estado patológico dependerá da combinação de várias modificações genéticas. Em outros, serão somados fatores do ambiente. Mas, por antecipação, serão já considerados doentes cardíacos, esquizofrênicos ou cancerosos prováveis, indivíduos ainda sem lesão alguma. A previsão de sintomas clínicos no indivíduo permanecerá relativamente imprecisa, pois repousa sobre estudos de populações, mas a realidade do risco se tornará muito mais tangível (JACOB, 1998, p. 107).

O próximo passo vislumbrado pelos cientistas era o mapeamento gênico – o genoma. Na citação de Jacob (1998), acima mencionada, aparece uma expectativa sobre o mapeamento gênico um tanto determinista. O autor expressa essa visão ao com a convicção de que de posse do mapeamento gênico seria possível uma previsão “tangível” de muitas doenças. Essa expectativa está imbuída da crença de que as informações gênicas seriam suficientes para essas previsões. Em contrapartida, ao retratar a soma de fatores ambientais em relação a certas doenças e características, o autor, faz uma menção sobre possíveis interferências do ambiente na expressão gênica. O que é compreensível de se observar, pois os trabalhos de Jacob sobre o sistema de controle do mecanismo regulatório dos genes forneceu um amplo caminho pelo qual o meio ambiente externo efetivamente entra na célula e modifica processos genéticos que ocorrem dentro da célula (WALLACE, 2002).

A década de 1970 prometia muitas ousadias e velocidade nas pesquisas. A tecnologia do DNA recombinante possibilitou ao cientista Paul Berg vislumbrar utilizar um vírus de macaco chamado SV40 para introduzir pedaço de DNA – genes estranhos – em células de mamíferos. O vírus atuaria como um sistema de distribuição molecular em mamíferos assim como Cohen havia feito os plasmídeos atuarem em bactérias. Berg esperava no SV40 uma forma de introduzir genes corretivos em vítimas de doenças genéticas. Ele estava à frente de seu tempo e aspirava realizar o que mais tarde foi denominado de terapia gênica – introdução de material genético novo em um ser vivo para compensar defeitos genéticos herdados (WATSON e BERRY, 2005).

A notícia do sucesso dos procedimentos de DNA recombinante provocou uma enorme preocupação entre os agentes biológicos. Em 1974 foi realizada uma reunião em Asilomar para examinar as possíveis conseqüências e perigos dessa tecnologia que possuía adeptos e antipatizantes. A comissão presidida por Paul Berg publicou suas conclusões numa carta ao periódico da *Science*. Por meio do que ficou conhecido entre os cientistas de Carta Moratória,

suspendeu-se os estudos de recombinação até que os possíveis perigos das moléculas de DNA recombinante fossem avaliados (GROS, 1991).

Essas reuniões levaram ainda quase cinco anos, apresentando como resultado apenas o atraso em pesquisas importantes na carreira de muitos cientistas. Pouco a pouco, o público se desinteressava pelo assunto, tanto pelo fato de perceber que os tais perigos não se tornavam reais quanto pela consciência dos aspectos positivos da engenharia genética (WATSON e BERRY, 2005).

As limitações criadas pela legislação foram relaxadas pouco a pouco nos Estados Unidos e não constituía mais barreira para as pesquisas. Em 1977 no Laboratório de Herbert Boyer surgiu a idéia de sintetizar quimicamente um pequeno gene. O gene escolhido foi o da somatostatina. Com base na seqüência de 14 aminoácidos determinaram *códons* específicos, sintetizaram o fragmento de DNA correspondente e ligando-o a um plasmídeo manipulado para este fim, introduziram-no em *E. coli*. Pela primeira vez se obteve um peptídeo a partir de um gene sintetizado artificialmente. Nos anos seguintes essa tecnologia possibilitou que as proteínas somatostatina (hormônio de crescimento) e insulina humana fossem produzidas, a partir de bactérias transgênicas (HAUSMANN, 1997; WATSON e BERRY, 2005).

Uma das grandes contribuições da tecnologia genética para as pesquisas biológicas foi a de possibilitar a clonagem de seqüências de DNA. A intenção que permeava os cientistas era de utilizar todas essas técnicas cada vez mais em organismos superiores. Monod na década de 1960 já havia enunciado que o que valeria para a *E. coli*, valeria também para os elefantes. Aos poucos a técnica de transformação foi transferida para seres superiores, dando origem, em 1981, aos primeiros animais transgênicos e, em 1986, a primeira planta geneticamente modificada, o tabaco, liberada pela Agência Norte-Americana de Proteção ao Ambiente (HAUSMANN, 1997; WATSON; BERRY, 2005; SUZUKI, 2000).

Com as pesquisas desencadeadas nos anos que se seguiram, ficou evidente que Monod havia cometido um erro substancial em suas afirmações. Partindo do princípio que todos os seres vivos são constituídos quimicamente do mesmo material genético, Monod havia mencionado que o desenvolvimento seria uma simples questão de ativar os genes certos nos lugares e horários corretos. No entanto, trinta anos depois, o geneticista molecular Sydney Brenner retratou ser essa afirmação absolutamente vazia de significado, “o paradigma não nos diz como fazer um camundongo, mas apenas como fazer um interruptor. A resposta certa deve estar com certeza nos detalhes” (BRENNER, 1990, p. 485).

Keller (2002) ressalta que apesar de Brenner ter realizado essas afirmações antes que fosse desenvolvida a clonagem de camundongos, restam poucas dúvidas de que estivesse

certo, pois as evidências acumuladas nas últimas décadas revelam que provavelmente o segredo de fazer um organismo esteja nos detalhes. Em contrapartida, apesar das evidências sobre os detalhes, a crença de que haja uma programação genética para todos os organismos insistiu em persistir.

Nos anos que seguiram a tecnologia do DNA recombinante com sua capacidade de manipular e rearranjar trechos de DNA se tornou o cerne de um sistema tecnológico em trâmite. Para Leite (2006), esses avanços denominados de biotecnologia penetraram na medicina, na reprodução humana e na agricultura, tendo como pano de fundo a conversão da pesquisa biológica a um modelo predominantemente molecular, proliferando os chamados programas genéticos.

Nessa atmosfera social e científica, em meados da década de 1980, iniciou discussões sobre o desenvolvimento de um mega projeto com o objetivo de mapear o genoma humano e identificar todos os nucleotídeos. Estreava em cenário científico o denominado Projeto Genoma Humano (PGH) e iniciava um esforço de alcance mundial para decifrar o genoma humano (LEITE, 2006).

Após a iniciativa do *National Institutes of Health* (NIH) estadunidense, centenas de laboratórios de todo o mundo se uniram à tarefa de seqüenciar, um a um, os genes que codificam as proteínas do corpo humano e também aquelas seqüências de DNA que não seriam genes. Laboratórios de países em desenvolvimento também participaram do empreendimento com o objetivo de formar mão-de-obra qualificada na área genômica.

Em 1990, o projeto foi fundado oficialmente, com um financiamento de 3 milhões de dólares do Departamento de Energia dos Estados Unidos e dos Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos, e tinha um prazo previsto de 15 anos. Devido à grande cooperação da comunidade científica internacional, associada aos avanços no campo da bioinformática e das tecnologias de informação, um primeiro esboço do genoma foi anunciado em 26 de junho de 2000, dois anos antes do previsto.

Em 14 de abril de 2003, um comunicado de imprensa conjunto anunciou que o projeto havia sido concluído com sucesso, com o seqüenciamento de 99% do genoma humano, com uma precisão de 99,99%. Os trabalhos do projeto foram dados como concluídos em 2003, “[...] coincidindo com o quinquagésimo aniversário da publicação da descoberta da dupla-hélice” (WATSON; BERRY, 2005, p. 213).

Nas pesquisas do PGH, os cientistas não se interessaram em seqüenciar apenas o genoma humano, mas também dos mais variados seres vivos. De acordo com Keller (2002), o genoma de mais de vinte e cinco microorganismos e animais foram seqüenciados, entre os

quais se destacam a bactéria *Escherichia coli*, o levedo *Caenorhabditis elegans* e a mosca da fruta *Drosophila melanogaster*.

Entre fatos peculiares desse projeto em relação aos outros está o dispêndio enorme de recursos financeiros, o envolvimento de vários países e grupos de pesquisas, e ainda a imensa repercussão pela mídia. Possivelmente, muitas promessas havia para um projeto agregar tantos fatores contribuindo para sua realização. Mas afinal, o que os cientistas vislumbravam com o desenvolvimento do PGH? Quais eram as promessas desse projeto?

Alcançando a população em geral, havia a expectativa de cura de doenças, pois entre os artigos que circulavam no período em que o projeto estava em andamento havia afirmações de que um dos objetivos do PGH seria a identificação dos genes responsáveis por características normais e patológicas, justificando a expectativa da população em que seria encontrada a cura para muitas doenças.

[...] Será possível analisar milhares de genes ao mesmo tempo em que as pessoas poderão saber se têm predisposição aumentada para certas doenças, como diabetes, câncer, hipertensão ou doença de Alzheimer, e tratar-se antes do aparecimento dos sintomas. As vacinas de DNA poderão eliminar doenças como a tuberculose ou a Aids. Os remédios serão receitados de acordo com o perfil genético de cada um, evitando-se assim os efeitos colaterais (ZATZ, 2000, p. 47).

Dulbecco (1997) contribui para a certeza de que essa era uma das expectativas do PGH, relatando que o Projeto Genoma teve início a partir de um artigo seu publicado na *Science* sobre seu convencimento trabalhando anos no estudo do câncer de que “para vencê-lo, seria necessário um conhecimento profundo dos genes” que, quando alterados, induziam as células a se tornarem malignas (DULBECCO, 1997, p. 90)

Entre os cientistas havia outros anseios também, como por exemplo, realizar por meio do PGH o mapeamento gênico, e assim entender todo o metabolismo gênico, estabelecendo relações entre genes e regulações, ou seja, tratava-se de descobrir, com a soletração do genoma, “o que é ser humano” (ROBERTS, 2000, p. 1185).

Em busca dessas repostas, os cientistas trabalhavam a partir de conceitos que já estavam consolidados, como por exemplo, a relação entre gene, seu funcionamento e expressão final. No entanto, a conclusão do PGH não trouxe apenas as respostas esperadas. Os dados obtidos demonstraram que o genoma humano não seria constituído por um número tão grande de genes, assim como era imaginado no início da pesquisa, representando não mais que 30.000 genes. O PGH revelou ainda que, apenas cerca de 2% do genoma humano seriam codificados em proteínas, contrariamente aos demais genes humanos, 98%, os quais, apesar

de não serem traduzidos em cadeias polipeptídicas, estariam relacionados à regulação genética (WATSON; BERRY, 2005).

Essas informações sinalizaram o quanto o PGH surpreendeu as expectativas dos cientistas, revelando a necessidade de novas pesquisas para se chegar ao que se imaginava conseguir apenas com o PGH. A esse respeito Watson e Berry (2005) desabafa que “até o momento, o aspecto do Projeto Genoma Humano que mais pôs à prova nossa humanidade foi termos percebido como sabemos pouco sobre as funções da vasta maioria dos genes humanos” (WATSON; BERRY, 2005, p. 238).

Dando seqüência as pesquisas genômicas, a ciência iniciou dois projetos para complementar os resultados obtidos pelo PGH: o Projeto Proteoma e o Projeto Transcriptoma. O Projeto Proteoma responsável pelo estudo das proteínas produzidas pelo genoma humano. E o Projeto Transcriptoma voltado para o estudo e determinação dos genes ativos em cada tipo celular que constitui o corpo humano.

Um dos pontos que cabe destacar dessa pesquisa, é que apesar do espetacular avanço que a ciência apresentou nos últimos tempos, há ainda muito a desvendar, como o “segredo da vida”, desafio desalentador que vem acompanhando o homem desde sua origem na terra (WATSON e BERRY, 2005). Entretanto, muitas vezes para se desvendar algo é preciso se dispersar do paradigma antigo, pois nem sempre a ciência escreve histórias lineares e cumulativas de conhecimento (KUHN, 1998; TRIVIÑOS, 2006).

Ao longo dos anos que correram no século XX, muitas pesquisas contribuíram para uma visão materialista do gene. As evidências acumuladas pela genética moderna permitiram aos cientistas trabalhar com um gene que funcionaria como unidade estrutural – mantida pela maquinaria da célula, de forma que poderia ser transmitida fidedignamente de geração a geração. Desde que a terminologia proposta por Johanssen foi criada até o século XXI, o conceito foi arraigando características moleculares que possibilitaram uma imagem palpável e definida.

De acordo com El-HANI (2007), Watson e Crick ao proporem a estrutura de dupla-hélice tiveram no conceito molecular clássico do gene a principal proposta de um modelo aceitável, de acordo com o qual o gene seria uma extensão do DNA que codificaria um funcional produto. Este conceito clássico promoveu o triunfo da opinião do real sobre a opinião do instrumental, estabelecendo o DNA como a base material da herança.

Com esse arcabouço genético os cientistas tinham expectativas palpáveis para o PGH. O simples ato de soletrar o código genético estava imbuído de entendê-lo em toda sua dimensão. No entanto, a simples relação entre a quantidade de genes e proteínas já revelaram

que esse arcabouço conceitual estava entrando no campo das incertezas. Enquanto no início do século XX pairava sobre os cientistas uma brisa de certezas, ao final do século XX e início do século XXI, a ciência exala o doce frescor da incerteza e volatilidade constante mencionada ao final do século XX por Jacob (1998):

A principal descoberta deste século de pesquisa e de ciência é, provavelmente, a profundidade de nossa ignorância da natureza. Quanto mais aprendemos, mas percebemos a extensão dessa ignorância. [...] Pela primeira vez, podemos contemplar de frente nossa ignorância. Por muito tempo, fingimos compreender como funcionavam as coisas. Ou simplesmente contamos histórias para tapar os buracos. Agora que começamos a estudar seriamente a natureza, começamos a perceber a amplitude das perguntas. A medir a distância a ser percorrida para tentar responde-las (JACOB, 1998, p. 155)

Assim como o mundo, a ciência também sofre mudanças e rupturas, uma vez que cada descoberta científica leva a novos conhecimentos e teorias que podem ampliar ou refutar teorias anteriores. Cinquenta anos após a descoberta da estrutura do DNA e à medida que o PGH atingia seus objetivos de mapeamento e seqüenciamento do genoma humano, surgiram novas incógnitas que, no momento atual, estão revolucionando conceitos anteriormente estabelecidos. O conceito de gene passa por um momento delicado, e como diria Keller (2002, p. 79) “um conceito em apuros”. Além de sua composição química e estrutura, outros fatores, como forma reguladora e o ambiente podem influenciar na atuação biológica do gene (McVITTIE, 2006).

Como um dos fatos que aponta questionamentos sobre esse conceito, Keller (2002, p.70) ressalta que “[...] estimativas atuais sugerem que somente três por cento do genoma humano codifica para seqüências de aminoácidos [...]”, restando uma porcentagem enorme considerada de “DNA-Lixo”, ou seja, sem função codificadora. Como a própria autora questiona: “por que a seleção natural permitiu sua persistência?” (KELLER, 2002, p. 72). Somando-se a essas questões Keller sinaliza outra questão intrigante que surgiu com o término do seqüenciamento do genoma humano: o reduzido número de genes (menos de 30.000) para codificar mais de 100.000 proteínas humanas. Cabe perceber que, a informação divulgada com o resultado do PGH, desse reduzido número de genes para codificar tantas proteínas, evidenciam, por sua vez, que as seqüências não codificadoras acima mencionadas, não seriam necessariamente ‘lixo’ genético, como se imaginava anteriormente.

Estes aspectos contribuiriam para que a genética direcione seu olhar não apenas para a relação gene e expressão, mas que encontre os diversos fatores que se interponham entre o gene e a expressão final. Uma das repostas, provavelmente esteja na regulação gênica e no

splicing alternativo, por meio do qual a transcrição inicial do gene pode ser editada de várias formas, minimizando a expressão fenotípica de possíveis erros de transcrição gênica (GRABOWSKI, et al., 1985; RHEINBERGER, 2000).

A busca pela compreensão do funcionamento da vida, a observação de que as características dos descendentes eram herdadas de gerações anteriores e, no século XX, a expectativa do PGH contribuiu para que as influências biológicas fizessem parte das explicações culturais. Tais explicações científicas abriram espaço para o determinismo genético, ou seja, a crença de que os genes determinariam as características, e que por sua vez, não poderiam ser alteradas. Estas explicações tiveram sua dimensão de doutrina ao inspirar experimentos eugênicos nazistas e o darwinismo social, o qual ressalta que o status social é decorrente de aspectos biológicos e imutáveis (BARATA, GUIMARÃES, 2007).

Em contrapartida, após o seqüenciamento do PGH o conhecimento genético direciona para uma complexidade que vai além da relação direta entre genes e características, abrindo espaço para a busca das relações também entre genes e ambiente. Esse assunto, que merece uma apreciação detalhada, é tema das pesquisas do campo da epigenética.

Como já descrito, o termo foi utilizado por C. H. Waddington, em 1942, para descrever a idéia de que a experiência de um organismo pode fazer com que seus genes se comportem (ou se “expressem”) de forma diferente. No século XXI, era pós-genômica, a epigenética, tem buscado estudar as interações casuais entre genes e seus produtos que são responsáveis pela produção do fenótipo. A herança epigenética seria assim um mecanismo marcante de como fatores internos e externos interagem para determinar efeitos nos indivíduos (GARCIA, 2007).

De acordo com a pesquisadora Cláudia Rainho, do Departamento de Genética da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Botucatu (apud BARATA, GUIMARÃES, 2007) o estudo da epigenética institui um novo paradigma, onde a unidade hereditária não seria apenas a seqüência de DNA do gene, mas este em associação com suas modificações covalentes e com as modificações da cromatina (estrutura formada pelo DNA e proteínas que compõe os cromossomos) que empacota o gene.

A epigenética pretende esclarecer como fatores ambientais e hábitos alimentares, podem interferir no funcionamento dos genes, mesmo sem produzir mutações na seqüência do DNA. Para isso, o alvo do trabalho é a chamada metilação – processo natural que ocorre na citosina que ao entrar em contato com o grupo metil, sofre inativação. Normalmente, a metilação silencia genes que não são necessários para determinada célula, no entanto, a



ciência tem demonstrado que esse processo tem influencia alimentar (BARATA, GUIMARÃES, 2007).

Possivelmente, a epigenética seja a porta de entrada para respostas de questões como gêmeos univitelinos que podem apresentar diferenças comportamentais e fisiológicas e até mesmo as diferentes susceptibilidades a doenças como o câncer, artrites, depressões e desordens emocionais (GARCIA, 2007).

## 2.10 CONSIDERAÇÕES

Em busca da compreensão de um tema científico se torna imprescindível sua reconstrução histórica. O relato histórico permite observar os ingredientes sociais e circunstanciais que interferiram nos rumos da construção científica. Angariar a história da hereditariedade e a construção do conceito de gene permitiu a percepção de quanto a ciência caminha tateando muitas vezes terrenos irregulares, que nem sempre à levam por caminhos lineares e cumulativos.

Entretanto, a ciência do século XXI tem seus pilares construídos na ciência moderna e em seus paradigmas. Após a Revolução Científica do século XVIII, a ciência foi idealizando seus trabalhos segundo a concepção de um saber especulativo, baseado em critérios de verdade, buscando em uma nova teoria uma representação definitiva da realidade (JACOB, 1998).

Nesse contexto a ciência foi aos poucos ganhando o crédito popular de detentora da verdade. A verdade além de se estabelecer na sociedade como uma forma de poder (Foucault, 1977), é um tanto quanto circunstancial e transitória.

A biologia imbuída dessa visão da ciência moderna, de acordo com Jacob (1985), construiu sua trajetória tendo como uma de suas ambições “interpretar as propriedades do organismo pela estrutura das moléculas que o constituem”. Imersa nessa concepção filosófica positiva, em busca do real, a biologia do século XX não se cansou de, ao ver surgir “qualquer entidade abstrata, como o gene”, substituí-la “por elementos materiais, partículas ou moléculas. Como se para manter na biologia, uma teoria tivesse de se reportar a qualquer modelo concreto” (JACOB, 1985, p. 24).

Esse prisma científico permitiu muitos avanços para a ciência da hereditariedade. No entanto, a percepção de que o código genético dos mais variados seres vivos era constituído

de um mesmo grupo de moléculas foi aos poucos fomentando à genética um reducionismo molecular – a certeza de que tudo levava às moléculas, que por sua vez eram entidades físicas.

Ao passo que a genética biomolecular alcançava o auge de suas pesquisas, essa mesma informação, agregada ao fato de o PGH trazer dados como o código genético de organismos inferiores serem muito parecidos ao homem, trouxe um paradoxo: “organismos apresentando formas muito diferentes são construídos com a ajuda das mesmas baterias de genes” (JACOB, 1998, p. 9). Como explicar a diversidade de formas de vida? Possivelmente seja “devida a pequenas alterações nos sistemas de regulação que governam a expressão desses genes” (JACOB, 1998, p. 9), e ainda, a influência do meio externo, que muitas vezes funcionam como um silenciador ou ativador gênico.

A substituição de uma imagem instrumental para o gene por uma visão material contribuiu para a disseminação de muitas pesquisas. Entretanto, as informações que foram acontecendo nos últimos anos, não conseguiram simplesmente somar-se ao conceito físico de gene. Mas levantou um debate acirrado, após um século da criação do termo gene. Enquanto se esperava que os avanços na biologia molecular fossem capazes de produzir uma definição clara, o que houve foi um sucesso parcial (EL-HANI, 2007).

Realizar uma análise sobre o momento em que o conceito de gene e, por conseguinte, a ciência da hereditariedade atravessa, requer compreender as concepções de método científico que estiveram presentes nos diferentes momentos da história da ciência, contribuindo para as diversas lentes de percepção que construíram a ciência.

Entre os Paradigmas da Ciência Moderna e Contemporânea, homem e ciência andam juntos, construindo e reconstruindo a história. Ainda que aconteça transição de paradigmas entre ciência e cientistas, pelo resgate histórico se sabe que na construção da ciência nem sempre houve acumulação e linearidade de conhecimentos, muitas vezes foi necessário a ruptura de um conceito para seguir o caminho.

### 3. A FENOMENOLOGIA COMO OPÇÃO METODOLÓGICA NA PESQUISA QUALITATIVA

*“Apenas se conhecem as pessoas através das suas manifestações” (PERELMAN, 1993, p 107).*

Durante muitos anos as pesquisas foram marcadas por estudos que valorizavam o emprego de métodos quantitativos para descrever e explicar fenômenos. Entretanto, a Pesquisa Qualitativa, surgida inicialmente nas áreas sociais e antropológicas, tem se firmado nos últimos trinta anos, como uma promissora possibilidade de investigação, ganhando espaço na área de Educação para a Ciência.

A pesquisa ou método científico normalmente é definido como quantitativo ou qualitativo em função do tipo de dados coletados. A Pesquisa Quantitativa normalmente se mostra apropriada quando existe a possibilidade de medidas quantificáveis para testar hipóteses científicas, ou a busca de padrões numéricos relacionados a conceitos cotidianos. Entretanto, a Pesquisa Qualitativa se caracteriza, principalmente, pela ausência de medidas numéricas e análises estatísticas, examinando aspectos mais profundos e subjetivos do tema em estudo (POPE & MAYS, 1995).

Na Pesquisa Qualitativa o pesquisador desenvolve conceitos, idéias e entendimentos a partir de padrões encontrados nos dados, ao invés de coletar dados para comprovar teorias, hipóteses e modelos preconcebidos (RENEKER, 1993).

De acordo com Bogdan e Biklen (1991), a Pesquisa Qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. Para os autores, esse método de pesquisa, viabiliza ao pesquisador o contato direto com o ambiente e a situação investigada. A relação estreita entre o pesquisador e a situação onde os fenômenos ocorrem se dá ao fato de que a ação de analisar e entender fenômenos requerer a compreensão das circunstâncias particulares em que o objeto de análise se insere. Estes autores concebem que a:

abordagem da investigação qualitativa exige que o mundo seja examinado com a idéia que nada é trivial, que tudo tem potencial para constituir uma pista que nos permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do nosso objeto de estudo (BOGDAN & BIKLEN, 1991, p 49).

A Pesquisa Qualitativa normalmente é utilizada quando o entendimento do contexto social e cultural é um elemento importante para a pesquisa. Para tanto, essa pesquisa utilizou a

técnica qualitativa, visando identificar as tendências manifestadas nos discursos de professores-pesquisadores em relação à ciência como forma de produção de conhecimento. A escolha se pautou no fato de que, os métodos qualitativos são apropriados quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social, como a interpretação de concepções imersas nos discursos.

Na Pesquisa Qualitativa, os dados obtidos são quebrados em unidades menores e, em seguida, reagrupados em categorias que se relacionam entre si de forma a ressaltar padrões, temas e conceitos (BRADLEY, 1993). Entre as formas de análise utilizadas na Pesquisa Qualitativa, tem sido freqüente a utilização de métodos como a Análise de Conteúdo e a Análise Discursiva.

Vale ressaltar que, enquanto a Análise de Conteúdo trabalha com a materialidade lingüística por meio das condições empíricas do texto, fixando-se apenas no texto e estabelecendo categorias para sua interpretação, a Análise Discursiva busca os efeitos de sentido relacionados ao discurso.

Diante dessas peculiaridades, cabe destacar que essa pesquisa visou analisar os sentidos expressos implicitamente nos discursos entre professores-pesquisadores. Para tanto, a mostrou-se mais propícia uma Análise Discursiva pautada na Fenomenologia como opção metodológica, oportunizando o acesso aos sentidos estabelecidos nas produções verbais dos entrevistados.

### 3.1 A ANÁLISE DO DISCURSO PAUTADA NA FENOMENOLOGIA

A Fenomenologia surgiu como uma Filosofia interessada em estudar os procedimentos conscientes de objetivos universais, como aqueles existentes na Matemática e na Lógica. Iniciou-se com a tentativa de descobrir um modo filosófico de estudar a consciência redutível na época à Psicologia. Entretanto, no início do século XX, com o alemão Edmund Husserl (1859-1938), e posteriormente com o francês Merleau-Ponty (1908-1961), a Fenomenologia se consolidou como uma linha de pensamento. Nas palavras de Martins e Bicudo (1989), foi a partir de Husserl que a expressão Fenomenologia passou a ter um significado novo, empregado na época contemporânea.

Segundo Dartigues (1992), Husserl define a Fenomenologia como ciência dos fenômenos, sendo o fenômeno compreendido como aquilo que é imediatamente dado em si

mesmo à consciência do homem. Para Husserl, a Fenomenologia assume, principalmente, o papel de um método ou modo de ver a essência do mundo e de tudo quanto nele existe.

Um dos princípios básicos da Fenomenologia é a noção de *intencionalidade*. A consciência é sempre consciência de alguma coisa, estando direcionada para um determinado objeto em análise (TRIVIÑOS, 2006). Por sua vez, o objeto também é sempre objeto-para-um-sujeito. A consciência e objeto não são entidades isoladas, separadas na natureza, mas, configuram-se, respectivamente, a partir de sua correlação. “[...] Se a consciência é sempre consciência de alguma coisa e se o objeto é sempre objeto para a consciência, é inconcebível não admitir essa correlação, já que, fora dela, não haveria nem consciência nem objeto” (DARTIGUES, 1992, p.18).

Por intermédio da idéia de *intencionalidade*, a Fenomenologia opõe-se aos postulados empiristas e parte do pressuposto de que não há objeto em si, mas o objeto existe para um indivíduo, indivíduo esse que atribui diferentes significados ao objeto. Ao contrário das idéias racionalistas, a Fenomenologia considera que não há consciência pura, totalmente isolada do mundo, mas toda consciência é consciência de alguma coisa existente no mundo (ARANHA e MARTINS, 1993).

Martins e Bicudo (1983) afirmam que a Fenomenologia:

procura abordar o fenômeno, aquilo que se manifesta por si mesmo, de modo que não o parcializa ou o explica a partir de conceitos prévios, de crenças ou de afirmações sobre o mesmo, enfim, um referencial teórico. A intenção da fenomenologia é abordar o fenômeno diretamente, interrogando-o, tentando descrevê-lo e procurando captar sua essência (MARTINS e BICUDO, 1983, p.10).

Para Martins (1992) a essência objetivada pela Fenomenologia não é um conteúdo conceitual, passível de definição, mas uma significação da essência existencial, que como tal deve ser descrita. Essa descrição deve ser a mais natural e espontânea possível; não é opinião nem o que se pensa, mas aquilo que o sujeito está de fato vivenciando e compreendendo. “Buscar a essência não consiste em desenvolver uma semântica da consciência, fugindo dessa forma da existência, mas consiste em redescobrir a presença que se tem de si mesmo, o sentido e o significado dessa consciência (MARTINS, 1992, p. 61).

Na Pesquisa Fenomenológica o que se objetiva são os significados que os sujeitos atribuem à sua experiência vivida, significados esses que se revelam a partir das descrições realizadas por esses mesmos sujeitos. A *descrição* da experiência por quem vivencia um

fenômeno é o caminho para a compreensão dele, e a linguagem é uma das formas que se abre para essa compreensão.

Para Martins e Bicudo (1989, p. 45), a *descrição* “[...] tem o significado de *des ex-crivere*, isto é, de algo que é escrito para fora”. A *descrição* de alguma coisa implica em diferenciá-la de outra, apontando seus atributos, elencando suas especificidades. Para que isso ocorra, o momento da descrição não pode ser compreendido como um procedimento mecânico, mas como um encontro social, uma relação efetiva entre o pesquisador e o pesquisado, caracterizada pela empatia, intuição e imaginação.

A Fenomenologia revela três momentos para o desenvolvimento da análise: *descrição*, *redução* e *a compreensão*. Cabe ressaltar que, não existe um procedimento único, pronto, pré-estabelecido a ser rigorosamente seguido, existindo apenas trajetórias que podem revelar caminhos adequados na busca da compreensão do fenômeno (MARTINS, 1992).

Martins (1992) ressalta que, a *descrição* fenomenológica é composta de três elementos: a *percepção*, a *consciência* que se dirige para o mundo-vida e o *sujeito* que se vê capaz de experimentar o corpo-vivido através da consciência. Ao passo que, a redução fenomenológica se caracteriza como o momento em que são selecionadas, por intermédio da variação imaginativa, as partes essenciais da descrição do sujeito pesquisado. Ora, nesse momento, cabe ao pesquisador idealizar cada parte da *descrição* como presente ou ausente na experiência, até que a mesma seja reduzida ao essencial para a existência da consciência da experiência.

A *redução* tem como objetivo determinar, selecionar as partes da *descrição* que são consideradas essenciais e aquelas que não o são. “Em outras palavras, deseja-se encontrar exatamente que partes da experiência são verdadeiramente partes da nossa consciência, diferenciando-as daquelas que são simplesmente supostas” (MARTINS, 1992, p. 59).

A *compreensão* fenomenológica, conforme Martins (1992) ocorre simultaneamente à *interpretação*. É o momento em que se pretende obter o significado essencial na *descrição* e na *redução*. O pesquisador assume o resultado da *redução* como um conjunto de asserções ou *unidades de significado*, que se mostram significativas para ele, apontando também para a experiência do sujeito, para a consciência que o sujeito tem do fenômeno.

As *unidades de significado*, por sua vez, são recortes julgados significativos pelo pesquisador, dentre os vários pontos aos qual a *descrição* pode levá-lo. Para que as *unidades significativas* possam ser recortadas, o pesquisador lê os depoimentos à luz de sua interrogação, por meio da qual pretende ver o fenômeno, que é olhado de uma dentre as várias perspectivas possíveis.

[...] como é impossível analisar um texto inteiro simultaneamente, torna-se necessário dividi-lo em unidades. [...] as unidades de significado são discriminações espontaneamente percebidas nas descrições dos sujeitos quando o pesquisador assume uma atitude psicológica e a certeza de que o texto é um exemplo do fenômeno pesquisado. [...] As unidades de significado [...] também não estão prontas no texto. Existem somente em relação à atitude, disposição e perspectiva do pesquisador (MARTINS e BICUDO, 1989 p. 99).

Esta fase consiste em refletir sobre as partes da experiência que nos parecem possuir significados cognitivos, afetivos e conotativos e, sistematicamente, imaginar cada parte como estando presente ou ausente na experiência. Por meio da comparação no contexto e eliminações, o pesquisador está capacitado a reduzir a *descrição* daquelas partes que são essenciais para a existência da consciência da experiência (MARTINS, 1992, p. 60).

Martins (1992) esclarece que as *unidades de significado* identificadas na *descrição*, são inicialmente assumidas na linguagem própria do sujeito que descreve o fenômeno (discurso ingênuo), sendo depois transformadas em expressões próprias do discurso que sustenta o que está sendo buscado, por exemplo, um discurso psicológico, educacional, social. Posteriormente, é organizada, a partir da análise das descrições dos vários sujeitos da pesquisa, uma síntese das *unidades de significado* encontradas, sendo buscadas, então, suas convergências, divergências e idiossincrasias.

Na perspectiva de Martins (1992), a trajetória do estudo fenomenológico tem a finalidade de estabelecer um contato direto com o fenômeno vivido pelo sujeito pesquisado. Entretanto, para compreender esse fenômeno é necessário recorrer ao discurso, à *descrição* mais ampla do sujeito com o intuito de conseguir uma maior aproximação com a densidade semântica do fenômeno.

As características pertinentes a Análise Discursiva Fenomenológica se mostram propícias como metodologia de análise, principalmente, em casos em que, a pesquisa busca absorver o sentido implícito do discurso, não se pautando apenas no texto, mas nas manifestações do sujeito. Para tanto, essa pesquisa buscou no olhar fenomenológico uma forma de Análise dos Discursos, uma vez que se propôs a analisar o discurso dos professores-pesquisadores, buscando evidenciar as tendências manifestadas em seus discursos em relação à ciência como forma de produção de conhecimento e ao conceito de gene.

### 3.2 O PROCESSO DE OBTENÇÃO DE DADOS

A análise dos discursos foi realizada por meio de entrevistas semi-estruturadas, envolvendo seis professores-pesquisadores de duas instituições públicas de Ensino Superior da região Sul do Brasil e um professor-pesquisador de uma instituição pública de Ensino Superior da região Nordeste do Brasil.

A coleta de dados ocorreu no período compreendido entre março e agosto de 2009, envolvendo um total de sete entrevistas. O pequeno número de entrevistados se justifica pelo fato da opção metodológica tratar-se de um instrumento qualitativo, por meio da Análise dos Discursos, buscando-se analisar o sentido oculto nos pronunciamentos dos entrevistados, identificando-se as influências de concepções que norteiam sua visão científica.

Nessa perspectiva, a realização de entrevistas semi-estruturadas mostrou-se um procedimento pertinente para a coleta de dados, uma vez que, permitiu maior flexibilidade no percurso das entrevistas, possibilitando intervenções que contribuíram e enriqueceram as discussões, viabilizando, por meio da análise dos discursos, a identificação de concepções filosóficas sobre a ciência e as re-elaborações do conceito de gene.

Para a análise qualitativa dos discursos dos professores-pesquisadores, foram imprescindíveis as gravações e transcrições das entrevistas em sua íntegra.

As questões semi-estruturadas elaboradas para as entrevistas são apresentadas abaixo:

- 1) Ao longo da década 1990 e primeiros anos do século XXI, os avanços biotecnológicos advindos da tecnologia do DNA recombinante, que permitiu manipular a molécula de DNA, desencadearam uma grande comoção pública, principalmente no que se refere ao PGH.
  - a) Quais eram as suas expectativas na época em que o PGH foi lançado e durante seu desenvolvimento?
  - b) E quais eram, a seu ver, as expectativas da população em geral?
  - c) Você considera que conclusão do PGH atendeu a essas expectativas iniciais?
  - d) Para você, quais são as conseqüências relevantes, tanto positivas quanto negativas, dos resultados do PGH publicados no ano de 2004?
- 2) Watson e Crick na década de 1950 propuseram o modelo de dupla-hélice para o DNA. Seus trabalhos materializaram o gene ao evidenciá-lo como moléculas constituídas de ácidos nucléicos. O advento da engenharia genética, na década de 1960 e 1970, fortaleceu a visão de um código genético universal para os mais variados organismos. No seu entender as descobertas recentes advindas do PGH e pós genômica, têm contribuído para cristalizar ou provocar rupturas neste conceito?
- 3) No desenvolvimento do PGH surgiram muitas metáforas, como por exemplo, a de se referir ao DNA como o “Livro da Vida”, atribuindo-se ao PGH a função de desvendar os



mistérios contidos nesse livro. Você acredita que as características de um indivíduo podem ser atribuídas diretamente à informação contida na seqüência de DNA?

- 4) Um dos aspectos relevantes do PGH e das pesquisas realizadas após este evento científico é o fato de colocar em choque muitos dos conceitos estabelecidos até então, como por exemplo: um gene-uma proteína; gene como um trecho de DNA que codifica proteínas. Como você conceituaria o que é gene hoje?
- 5) Muitos estudiosos, pensadores, consideram que estamos vivenciando um determinismo tecnológico, mas com diferentes nuances do determinismo racial da década de 1940. Você acredita realmente que estamos vivendo este determinismo tecnológico, e em que difere do passado eugênico racial?
- 6) Com a conclusão do PGH e as tecnologias disponíveis no campo da genética, observa-se no final do século XX e no século corrente, a identificação de vários genes “causadores de doenças”. Um fato que ilustra tal afirmação ocorreu em um jornal de grande veiculação, em que foi apresentada uma reportagem sobre o mapeamento genético do enfarto, traçado pela USP e pelo Instituto Dante Pazzanese, em 13/02/2009. O cardiologista entrevistado afirmou que “essa descoberta vai possibilitar o entendimento do mecanismo de geração do enfarto [*sic*]; é como se a gente dispusesse de manual de instrução de como um paciente enfarta”. Relatou ainda acreditar que “num futuro próximo cada paciente com enfarto do miocárdio ao adentrar num serviço de emergência terá seu sangue coletado para rapidamente ser mapeado seus genes. E a partir desses genes mapeados será escolhido a terapêutica ideal para cada paciente.”
  - a) Você acredita que isto será possível? Explique.
  - b) Se o mapeamento genético funciona como um “manual de instruções”, por que há dificuldades em fornecer tratamentos médicos às doenças mapeadas?
- 7) Ainda neste contexto, cinquenta anos atrás um dos maiores biólogos moleculares declarou que se tivesse um computador suficientemente poderoso e a seqüência do DNA de um organismo, “poderia computar esse organismo” (JACOB *apud* LEWONTIN, 1997, p. 98). Atualmente, neste século, vivemos uma época de grandes avanços na área computacional e também na área da engenharia genética. Você acredita ser possível computar um organismo tendo o conhecimento das bases de seu DNA?
- 8) Jacob (1998, p. 91) retrata a biologia como uma ciência que “conhece ciclos de humor, com períodos de otimismo seguidos de períodos de depressão.” Para o autor, os períodos de otimismo corresponderiam ao advento de uma teoria nova, de uma maneira inédita de considerar os seres vivos e seu funcionamento. Ao passo que as depressões resultariam das frustrações experimentais quando, após um período de experimentação da teoria nova, nos deparamos diante de um muro. Nesta perspectiva e considerando-se as expectativas direcionadas pela engenharia genética, qual ciclo representaria nitidamente o momento atual, século XXI, para a genética biomolecular? Quais acontecimentos te possibilitam esta visão?
- 9) A ciência moderna nasceu e se desenvolveu segundo a “concepção de um saber especulativo baseado sobre um critério de verdade”, buscando em uma nova teoria uma representação definitiva da realidade. Porém, Jacob (1998) cita uma afirmação de Victor

Hugo (William Shakespeare, Paris, 1864, p.39 *apud* Jacob, 1998, p.111), em que diz: “A ciência é a assíntota da verdade. Ela aproxima sem cessar e não toca nunca”. Na trajetória da ciência quais fatos você acredita ilustrar esta afirmação?

### 3.3 O PERFIL DOS PROFESSORES-PESQUISADORES PARTICIPANTES

Os sete profissionais de Ensino Superior, participantes da pesquisa, atuam nas áreas de Genética, Biologia Celular, Bioquímica, Zoologia e História e Filosofia da Ciência. Todos os entrevistados possuem mais de dez anos de atuação e participam ativamente em pesquisas nas suas respectivas áreas.

A escolha de profissionais dessas áreas deveu-se ao fato de as questões que nortearam as entrevistas tratarem de assuntos emergentes ao final do século XX e início do século XXI, no campo da genética biomolecular. O foco das questões no PGH se justifica por essa empreitada representar a velocidade atingida nesse campo de conhecimento desde os meados do século passado até o presente momento, além de oportunizar o confronto entre as concepções da ciência moderna, caracterizada pelo positivismo, determinismo e reducionismo genético, e da ciência contemporânea, dimensionada pela complexidade, multicausalidade e flutuações dos fenômenos biológicos.

### 3.4 UNIDADES DE SIGNIFICADO E CATEGORIAS PARA A ANÁLISE FENOMENOLÓGICA DOS DISCURSOS ENTRE PROFESSORES-PESQUISADORES

Na concepção husserliana, a fenomenologia se ocupa da análise e interpretação dos fenômenos ou sobre aquilo que se mostra (BELLO, 2006). Entretanto, o fenômeno só acontece enquanto houver o sujeito no qual esse fenômeno se situa, o que revela uma associação indissolúvel entre o fenômeno e o sujeito. Por sua vez, “essa relação entre o fenômeno e o ser experienciador desvela uma consciência *intencional*” (DANHONI NEVES, 2005, p. 49).

Nessa perspectiva, essa análise teve como tarefa chegar à consciência que dá consistência aos discursos, desvelando assim as tendências manifestadas em relação à ciência como forma de produção de conhecimento, bem como suas construções acerca do conceito de

gene, que por sua vez, demonstraram explicitamente ou implicitamente, os valores da ciência em que estão imersos nos discursos.

Vale destacar, que as manifestações expressas nos discursos dos professores-pesquisadores serviram como indícios dos valores legitimados em suas concepções de ciência, revelando a presença de três grandes padrões de construções científicas, denominadas nessa pesquisa de: Paradigma da Ciência Moderna, Paradigma da Ciência Contemporânea e Transição Paradigmática entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea. Entretanto, a constatação desses padrões apareceu implicitamente em seus discursos, sendo somente evidenciadas a partir das *descrições e reduções* fenomenológicas, onde surgiram as *unidades de significado*.

Os discursos dos professores-pesquisadores entrevistados foram analisados com base em todas as questões semi-estruturadas apresentadas, levando em consideração os conceitos empregados e os valores legitimados em suas respostas. Para tanto, os discursos foram transcritos e, seqüencialmente, foi observada a essência ou estrutura, que se manifestou nos discursos dos entrevistados, denominado como *descrição* fenomenológica, e representado por Merleau-Ponty, como o primeiro momento da trajetória na pesquisa (MARTINS e BICUDO, 1989).

Nas palavras de Danhoni Neves,

a forma pela qual essas descrições se tornam possíveis dá-se por uma noção fundamental: *o princípio da intencionalidade*. Nesse princípio, a consciência é sempre compreendida como *consciência de alguma coisa*, ou seja, a consciência só é consciência quando ela está *dirigida* para um objeto, sendo esse objeto definido na sua relação com a consciência do ser; objeto como *objeto-para-o-ser* (DANHONI NEVES, 2005, p. 49).

Como as *descrições* constituem o caminho para a abstração e compreensão de como os entrevistados compreendem e constroem suas concepções, as questões lançadas aos professores-pesquisadores entrevistados foram intersubjetivas e significativas. Para tanto, foram pautadas em eventos como o PGH e os últimos acontecimentos na área da genética molecular, fato pelo qual todos os entrevistados eram pertinentes a áreas co-relatas às questões. Vale lembrar que, de acordo com Martins (1992), na pesquisa fenomenológica o que se objetiva são os significados que os sujeitos atribuem à sua experiência, portanto, a *descrição* da experiência por quem vivencia um fenômeno é o caminho para a sua *compreensão*.

O que se expressa na *descrição* aponta para a vivência do fenômeno que se quer compreender, e a compreensão desse fenômeno fica tanto mais clara quanto maior for o esforço de perscrutá-lo, em análises. Para tanto, a partir da leitura das *descrições*, iniciou-se o trabalho de *redução* fenomenológica, ou seja, a busca pelas *descrições* essenciais, as quais fazem parte de sua consciência (MARTINS, 1992).

Nessa perspectiva, buscou-se tornar visível a ideologia presente nas *descrições* dos entrevistados, por meio de reflexões sobre as partes da experiência que demonstraram possuir significados cognitivos e conativos. Nessa conjuntura, por meio da denominada *variação imaginativa*, onde aconteceu uma reflexão sobre os trechos do discurso, surgiram às *unidades de significado*, como uma consequência da análise. As *unidades de significado* são discriminações espontaneamente percebidas nas *descrições* dos entrevistados, portanto, não estão prontas no texto, existindo somente em relação à atitude, disposição e perspectiva da análise (MARTINS e BICUDO, 1989).

Em seguida, as *unidades de significado* extraídas exatamente como discursadas pelos entrevistados com suas expressões cotidianas, foram transformadas por expressões próprias do discurso, que por sua vez, sustentaram a identificação dos valores manifestos implicitamente nos discursos. Esta transformação se baseou na *redução e reflexão discursiva*, permitindo uma *compreensão* fenomenológica (MARTINS, 1992).

Vale destacar que, estes valores manifestos sobre a ciência e o conceito de gene, permitiram a partir das *unidades de significado*, identificar algumas *categorias* nas Análises Discursivas entre os entrevistados. As análises foram subdivididas em dois tópicos, sendo o primeiro tópico o 3.5, denominado de Análise e Discussão das Concepções Científicas entre Professores-Pesquisadores e o segundo tópico o 3.6, denominado de Análise e Discussão das Concepções de Gene entre Professores–Pesquisadores.

O tópico 3.5 buscou evidenciar as tendências implicitamente manifestadas nos discursos de professores-pesquisadores do Ensino Superior em relação à ciência como forma de produção de conhecimento. Para tanto, após a *redução* fenomenológica foram identificadas categorias que se apresentaram como conjuntos de valores científicos que legitimaram por sua vez, o Paradigma da Ciência Moderna, o Paradigma da Ciência Contemporânea ou ainda a Transição Paradigmática entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea.

A concepção de Paradigma da Ciência Moderna é caracterizada pelos valores legitimados a partir da Revolução Científica e pela visão positivista, observadas durante a análise, por categorias pautadas no reducionismo e determinismo científico-tecnológico, implícitos nos discursos. Procurou-se identificar influências das concepções que constituem o

Paradigma da Ciência Contemporânea por meio de evidências em discursos baseados nas relações de complexidade, descontinuidade (rupturas), imprecisão e não neutralidade com a ciência. Entretanto, toda mudança de paradigma requer certo tempo histórico para se equacionar, portanto, em vários momentos o mesmo professor-pesquisador apresentou concepções divergentes em assuntos diferentes da ciência, fato que sinalizou o Padrão de Transição Paradigmática entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea entre os entrevistados.

Além da análise de concepções científicas e mediante aos últimos acontecimentos na área da genética, como as expectativas almeçadas com o PGH, e os resultados obtidos, essa pesquisa teve também a intenção de constatar o conceito de gene presente entre os professores-pesquisadores, bem como suas expectativas da ciência nessa área.

As pesquisas nessa área têm sinalizado a presença de possíveis rupturas no conceito de gene. Diante desse panorama, alguns autores inicialmente mencionaram acreditar que, o conceito pertencia ao século XX (KELLER, 2002), o que caracteriza como uma possível ilustração de mudança de paradigma. Outros autores, entretanto, como Neumann-Held (2001 *apud* LEITE, 2007) apostaram, pelo menos, para necessidade de uma reformulação para o conceito de gene.

A análise no tópico 3.6, buscou constatar o posicionamento dos professores-pesquisadores acerca do conceito de gene, assim como, sobre as pesquisas desenvolvidas nessa área nos últimos anos, motivo pelo qual, todos os entrevistados pertencem a áreas correlatas. Durante essas análises, foram identificadas categorias que revelaram concepções dos professores-pesquisadores sobre uma possível ruptura ou linearidade no conceito de gene, aparecendo também, percepções transitórias nesse conceito, como aconteceu no tópico de análise anterior.

Durante a trajetória Fenomenológica trilhada nas Análises, tornou-se necessário a apropriação de alguns conceitos discursivos, como ideologia, formação discursiva e heterogeneidade. Tais conceitos tornam-se importantes instrumentos da Análise dos Discursos, sendo para tanto, retratados brevemente.

Conforme citado anteriormente, o termo ideologia segue nessa pesquisa o viés althusseriano. Para Althusser a ideologia representa a relação imaginária de indivíduos com suas reais condições de existência, que por sua vez, existe sempre num aparelho e em suas práticas, interpelando os indivíduos como sujeitos (ALTHUSSER, 1974). Nessa perspectiva, a ideologia trata-se de um conjunto de relações imaginárias ou ocultas, transformadas em práticas reais e reprodutoras das relações de produção vigentes.

No que se refere à concepção de formação discursiva, sua formulação aparece desenvolvida na obra de Michel Foucault, denominada de *Arqueologia do Saber*. Para Foucault, “somos seres de linguagem e não seres que possuem linguagem” (Foucault, 2000, p. 20-21). Em sua formulação os discursos são uma dispersão, ou seja, são formados por elementos que não estão ligados por nenhum princípio de unidade a priori, cabendo à Análise do Discurso descrever essa dispersão, buscando as “regras de formação” que regem a formação dos discursos. Para Foucault (1997) as regras que determinam uma formação discursiva apresentam-se, como um sistema de relações entre objetos, tipos enunciativos, conceitos e estratégias.

“sempre que se puder descrever, entre certo número de enunciados, semelhante sistema de dispersão e se puder definir uma regularidade (uma ordem, correlações, posições, funcionamentos, transformações) entre os objetos, os tipos de enunciação, os conceitos, as escolhas temáticas, teremos uma formação discursiva” (FOUCAULT, 1997, p. 43).

Entretanto, devido esse trabalho trazer a concepção ideológica althusseriana, deve ser mencionado que, a formação discursiva aparece também na construção da teoria discursiva de Michel Pêcheux, que por sua vez, elaborou sua teoria com base na concepção althusseriana de ideologia. Apesar de Pêcheux afirmar que o conceito de formação discursiva com o qual trabalha é emprestado de Foucault, formula uma teoria que assinala a determinação entre os processos ideológicos e os processos lingüísticos para a constituição dos sentidos, situando o conceito de formação discursiva como o que pode e deve ser dito numa dada conjuntura. Essa definição de formação discursiva assenta-se na ênfase à regularidade dos sentidos, à reiteração do mesmo. Porém, contraditoriamente, indica a presença do sentido outro como necessária ao próprio processo de estabelecimento do sentido mesmo. Por isso se pode dizer que uma formação discursiva não emerge sem o seu outro, o seu exterior, sendo, pois heterogênea.

A formação discursiva na perspectiva de Pêcheux pode ser vista como conjunto de regras que determina o que pode e deve ser dito a partir de certa posição social, e as expressões tem significado quando são transportadas de uma para outra. Uma formação discursiva, portanto, constitui uma ‘matriz de significado’ ou sistema de relações lingüísticas dentro do que são gerados processos discursivos efetivos. Na semântica discursiva, os elementos de uma formação específica são ligados para formar processos em relação com um contexto ideológico.

Durante os discursos analisados nessa pesquisa observou-se a presença de heterogeneidade discursiva. Authier-Revuz, apoiando-se nas teorias psicanalíticas de

descentramento do sujeito e no conceito de dialogismo em Bakhtin, desenvolve o conceito de heterogeneidade. Articulando essas teorias, Authier-Revuz diz que:

Sempre, sob nossas palavras, “outras palavras” são ditas: é a estrutura material da língua que permite que, na linearidade de uma cadeia, se faça escutar a polifonia não intencional de todo discurso, através da qual a análise pode tentar recuperar os indícios da “pontuação do inconsciente”. (AUTHIER-REVUZ, 1990).

Authier-Revuz avança nas conceitualizações lingüísticas, propondo uma distinção entre as formas de heterogeneidade mostrada no discurso (marcada ou não-marcada) e a constitutiva do discurso. A heterogeneidade mostrada refere-se à presença do outro no discurso de um determinado locutor, ou seja, como alteridade que atravessa o fio de um determinado discurso, designando o outro no ato de enunciação (AUTHIER-REVUZ, 1998).

A heterogeneidade mostrada marcada revela-se quando o outro é lingüística e explicitamente notado. Entretanto, em vários momentos das análises nessa pesquisa desvelaram-se discursos pautados na heterogeneidade mostrada não marcada, ou seja, não explicitamente detectável na materialidade da língua, aparecendo como “efeito de sentido de um dito que se articula a um não dito” (AUTHIER-REVUZ *apud* BECK, 2008).

### 3.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS ENTRE PROFESSORES-PESQUISADORES

A análise que seguirá nesse tópico teve o intuito de constatar as tendências explicitamente ou implicitamente manifestadas nos discursos de professores-pesquisadores do Ensino Superior em relação à ciência como forma de produção de conhecimento. Para tanto, após cada questão, aconteceu uma *redução* fenomenológica, onde foram destacados alguns trechos dos discursos, denominados de *unidades de significado*, em que apareceram evidências de concepções e ideologias quanto à ciência.

As *unidades de significado* possibilitaram o que a Fenomenologia denomina de *compreensão ideográfica*, onde se procurou tornar visível a ideologia presente na descrição ingênua dos sujeitos, ou seja, a representação do professor-pesquisador em sua essência desvelada. Na seqüência, aconteceu à formação de categorias de discursos, resultante das

convergências e divergências percebidas entre em cada discurso e entre os discursos, o que possibilitou também uma *compreensão nomotética* geral dos discursos entre os professores-pesquisadores.

A análise aconteceu com base nas divergências e convergências expressas pelas *unidades de significado*, estando vinculada, ainda, aos objetivos da pesquisa para obter tais convergências ou divergências, que por sua vez iluminaram as perspectivas sobre o fenômeno. Entretanto, cabe ressaltar que nas palavras de Martins (1992), esses momentos fenomenológicos não devem ser entendidos como um modelo a ser seguido, portanto, nessa pesquisa aconteceram de modo imbricado durante as análises das questões.

Os discursos dos professores-pesquisadores foram analisados com base nas questões semi-estruturadas apresentadas, levando em consideração os conceitos empregados e também as concepções implícitas em suas respostas. Inicialmente foram questionados sobre quais expectativas possuíam durante o lançamento do PGH.

Entre os entrevistados, apareceram afirmações de que não havia expectativas durante o lançamento e sua execução. Apesar desses discursos demonstrarem *unidades de significado* convergentes no que se refere às expectativas, os argumentos divergentes usadas para justificar essa falta de expectativas, revelaram a denominada heterogeneidade discursiva.

eu não tinha<sup>22</sup> muitas expectativas. [...]. as minhas expectativas chegaram ao ponto que o projeto chegou: que ele não veio para elucidar grandes coisas. [...]. eu não esperava nada mais do que isso mesmo (CITOLOGISTA);

[...] as minhas expectativas sempre foram às mesmas e foram justificadas pelos resultados, não haverá muitas conseqüências em curto prazo sabe, mas sim há muito longo prazo (BIOQUÍMICO);

minha expectativa [...]: nunca pensei que esse projeto fosse revolucionar, sabe por quê? Não acredito em soluções miraculosas. [...] não acredito em uma ciência neutra (ZOOLOGISTA D).

[...] eu **tinha mais críticas do que expectativas, porque como já trabalhava com filosofia da biologia nessa época, [...] me parecia que o projeto desde sua origem era hiper-reducionista, [...].** Para mim não foi muita surpresa que quando os primeiros genomas foram seqüenciados não havia possibilidade de obter tanta informação do genoma estrutural quanto se pensava inicialmente. [...] **um dos grandes resultados do PGH foi mostrar o fracasso, a abordagem hiper-reducionista na biologia.** Portanto, nunca tive muita expectativa de que o PGH fosse gerar os resultados prometidos, agora sempre pensei e continuo pensando que o projeto foi importante porque produziu uma base de dados (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

---

<sup>22</sup> Durante as Análises serão utilizadas as letras: A,B,C..., dispostas nos Anexos, como forma de identificar discursos de pesquisadores diferentes de áreas comuns, como no caso dos Geneticistas e Zoologistas.



Nas palavras de Authier-Revuz (1982, p. 141), “por trás de uma aparente linearidade, da emissão ilusória de uma só voz, outras vozes falam”, ou seja, a língua não é ideologicamente neutra, mas complexa, pois, imprimi em seu uso e por meio da história relações dialógicas do discurso (BAKHTIN, 1997), onde aparecem muitas vezes “frases prontas”.

Essa heterogeneidade discursiva aparece marcada na fala do pesquisador, ao discursar não acreditar em uma ciência neutra. Enquanto, a falta de expectativas dos dois primeiros, ao invés de refletir em um ceticismo, demonstra a necessidade de uma justificativa para os objetivos do PGH. Esta premissa encontra apoio na continuidade dos discursos ao considerarem que o PGH “não veio para elucidar grandes coisas, ele veio, até, para abrir novas áreas” (CITOLOGISTA) e, assim, “não haverá muitas conseqüências em curto prazo, mas sim há muito longo prazo, porque é muito difícil manipular o genoma de qualquer espécie” (BIOQUÍMICO).

Nos dois primeiros discursos se observa uma expectativa imbuída de que em um futuro não muito próximo o aperfeiçoamento de métodos e técnicas para manipular a seqüência do genoma será suficiente para possibilitar grandes aplicações, o que se apresenta como uma categoria fenomenológica baseada na visão de *ciência linear e cumulativa*, pautada nos valores expressos pela Ciência Moderna. Diante desses discursos, cabe salientar que, as pesquisas no campo da epigenética, direcionam para uma possível complexidade que vai além da relação direta entre genes e características, abrindo espaço para a busca das interações entre genes e ambiente (GARCIA, 2007; BARATA e GUIMARÃES, 2007). Portanto, abrindo espaço para as relações pautadas nas imprecisões e multicausalidades (MORAES, 1997; BEHRENS, 2003).

Outro ponto relevante se destaca quanto à presença de expectativas e, portanto, argumentos discursivos divergentes entre pesquisadores de áreas distintas, que por sua vez, revelam nas entre linhas possíveis convergências. Para o bioquímico as expectativas eram apenas de “seqüenciar o código genético”, ao passo que o filósofo da ciência disse que “tinha mais críticas do que expectativas”, e que “parecia que o projeto desde sua origem era hiper-reducionista”, completando que “um dos grandes resultados do PGH foi mostrar o fracasso, a abordagem hiper-reducionista na biologia”. Esses divergentes posicionamentos revelam a presença da categoria fenomenológica aqui especificada como *ciência não neutra*, baseada na concepção de uma ciência não ingênua. Nessa perspectiva, essa compreensão fenomenológica pode destacar a presença de lentes distintas de observar a ciência e as relações biológicas,

entre o bioquímico e o filósofo da ciência, o que faz lembrar as palavras de Kuhn (1979), ao responder algumas críticas ao epistemólogo da ciência Popper, retratando o olhar que cada comunidade científica, e, por conseguinte seus cientistas têm: “Como poderei ensiná-lo a usar meus óculos quando ele já aprendeu a olhar através dos seus para tudo o que possa apontar?” (KUHN, 1979, p.8).

Quanto aos demais professores-pesquisadores entrevistados, cabe destacar que apareceram também em seus discursos, *unidades de significado* que revelaram expectativas no lançamento do PGH, como de que:

parecia que seria muito demorado, mas que iria resolver muitos problemas genéticos, principalmente em relação às síndromes genéticas e mutações gênicas. [...] Durante o desenvolvimento do projeto, eu pelo menos fui perdendo as expectativas (GENETICISTA B).

Quando houve a divulgação, acreditei que já estivesse quase tudo pronto, e não foi o caso. Segundo, que possibilitaria a cura de muitas doenças e tratamentos, porque quando tive acesso ao PGH acreditei que já estivesse bem adiantado. Acredito que despertou para mais estudos. O PGH teve um impacto e gerou uma empolgação. Mas hoje vejo que está muito cru (ZOOLOGISTA F).

Os relatos destes discursos retratam nitidamente a comoção pública gerada na ocasião do lançamento do PGH em relação às expectativas de que por meio desse projeto várias doenças seriam mapeadas e conseqüentemente tratadas. Entre os artigos que circulavam no período em que o projeto estava em andamento havia afirmações de que um dos objetivos do PGH seria a identificação dos genes responsáveis por características normais e patológicas, justificando as expectativas da população.

[...] Será possível analisar milhares de genes ao mesmo tempo em que as pessoas poderão saber se têm predisposição aumentada para certas doenças, como diabetes, câncer, hipertensão ou doença de Alzheimer, e tratar-se antes do aparecimento dos sintomas. As vacinas de DNA poderão eliminar doenças como a tuberculose ou a Aids. Os remédios serão receitados de acordo com o perfil genético de cada um, evitando-se assim os efeitos colaterais (ZATZ, 2000, p. 47).

As *unidades de significado* acima retratadas, apesar de se contraporem quanto à presença de expectativas em relação aos discursos anteriores, apresentaram também a categoria fenomenológica *ciência linear e cumulativa*. Pois retrataram as expectativas da população de uma ciência salvacionista, gerada por um modelo de racionalidade, o qual acredita em uma ciência capaz de produzir verdades absolutas, conceito este positivista,

pautado no Paradigma da Ciência Moderna. Portanto, a população em geral apesar de não ter posse de conceitos e conhecimentos genéticos mais elaborados, possuía expectativas de que o segredo da cura das mais variadas enfermidades estaria no gene e, portanto, seriam encontradas com o mapeamento (SGANZERLA *et. al.*, 2004).

Diante destes aspectos uma das questões realizadas aos entrevistados permeou quanto às expectativas da população, em geral, aos resultados do PGH. Entre os entrevistados surgiram os seguintes relatos:

Eu acho que a população, o conhecimento é tão pequeno que (*intervalo*), tão pouco que se conhece e se sabe do que é genoma. Aliás, se você perguntar o que é genoma, eles não vão nem saber o que te dizer do que é genoma. [...] acho que eles estão meio iludidos, eles não sabem o que aconteceu (*risos*), eles não sabem te dar uma resposta (CITOLOGISTA B).

Tenho impressão que a expectativa varia muito de acordo com o tipo e a classe social, tipo de instrução e ainda a religiosidade do indivíduo. [...]. Mas a mídia gosta de insuflar este tipo de sentimento. Porque a mídia ou é muito pessimista ou muito otimista, e nesse caso demonstrou-se imensamente otimista (BIOQUÍMICO).

Devido à população leiga não ter consciência das implicações, acredito que receberam isso como algo que chamou a atenção e curioso. [...]. Acho que a população ficou em um misto: em parte assustada achando que estávamos mexendo com algo perigoso, o gene humano, e ainda neste período tivemos contribuindo para isso a questão da clonagem da ovelha Dolly e também nesse período a mídia com exceção de alguns meios de comunicação, trabalhou muito com o medo da população, quanto à clonagem e manipulação do genoma humano. [...] (GENETICISTA E).

[...] estamos esperando um salvador da pátria, ou uma solução que venha, ou alguém que resolva nosso problema, ou alguém que possa fazer. Penso que a expectativa era essa: agora sim as coisas vão se resolver! [...] Entre as pessoas havia expectativas de: curar doenças, melhoramento de produção de plantas, entre outros [...] (ZOOLOGISTA D).

A população ouviu falar e por não ter conhecimento também esperou que acontecessem curas de doenças. Eles gostaram, mas ao tinham noção do PGH. Percebo isso até mesmo pelos alunos (ZOOLOGISTA F).

[...]. Essa pergunta é complicada, difícil dizer isso. [...] **a mídia em boa parte assimilou esse discurso hiperbólico, e boa parte da população acaba seguindo os vieses que a mídia assume.** Portanto, uma parte da população possivelmente assumiu esse mesmo tipo de visão. Agora acho que num país como o Brasil, a maior parte da população tomou sequer conhecimento, porque a divulgação da ciência ocupa um espaço muito pequeno. As pessoas ouvem falar de ciência muito menos do que se imagina (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

O primeiro discurso indicou não haver expectativas entre a população leiga, devido até mesmo ao acesso a essas informações. De acordo com Leite (2007) o PGH foi um dos empreendimentos que comandou mais atenção na esfera pública, prerrogativa até então de outras engenharias como as que produziam bombas e usinas atômicas, ou foguetes para lançar a Lua. Vale ressaltar que o PGH foi alvo de grandes acordos políticos, atingindo rapidamente os meios de comunicação, que veicularam várias informações, o que, possivelmente, influenciou a população. Os indícios da influência da mídia na divulgação desse projeto podem ser confirmados também no discurso do filósofo da ciência, ao retratar que “a mídia em boa parte assimilou esse discurso hiperbólico, e boa parte da população acaba seguindo os vieses que a mídia assume”.

Este fato pode ser observado nas palavras do bioquímico entrevistado ao afirmar conforme acima descrito que a mídia ou é muito pessimista ou muito otimista, e nesse caso demonstrou-se imensamente otimista, insuflando a população. Entre as *unidades de significado* pode ser desvelada uma categoria denominada nessa pesquisa de *ciência salvacionista*. Esta categoria apareceu implicitamente entre aqueles que evidenciaram na população boas expectativas quanto ao PGH, como a cura de doenças, e explicitamente nas palavras do zoologista, ao revelar a expectativa das pessoas em soluções miraculosas e salvacionistas. Estas expressões demonstram a crença em que a ciência seria produtora de um conhecimento legitimado pela experimentação, e, portanto, digna de credibilidade.

No que se refere aos resultados divulgados pelo PGH e as expectativas iniciais do projeto, a maioria dos pesquisadores voltaram a afirmar que:

Creio que sim. Porque todo cientista tinha idéia de que ele não conseguiria responder grandes coisas ou grandes perguntas. [...] Foi um início mesmo, a expectativa de todo mundo acho que era essa, dá o primeiro passo, ter uma idéia. E mostrar: olha a gente é capaz de fazer, então tem outras coisas que a gente pode buscar para respostas maiores (CITOLOGISTA).

Creio que sim. Queria determinar seqüências e determinou. Mas isso é uma tarefa, vamos dizer técnica. [...] quando propuseram isso (PGH) que custou uma nota preta, devem ter feito muitas elucubrações, [...]. Porque todo mundo que vai fazer um projeto de pesquisa tem que vender seu peixe. [...]. Se tivessem dito: nós queremos somente reconhecer as seqüências de bases de todos os genes humanos [...] não teriam conseguido dinheiro. [...] Porque quem libera o dinheiro são os políticos, e eles precisam de algo mais palpável do que a simples ciência dura, seca e sóbria (BIOQUÍMICO).

Nas unidades do primeiro discurso aparece implicitamente uma concepção de ciência neutra e de credibilidade, onde as frases pairam sobre a crença na genuinidade da ciência.

Entretanto, o segundo discurso, apesar de afirmar que os resultados eram os esperados, o que valida a concepção de uma ciência de credibilidade, revela sua não neutralidade, ao afirmar que foram necessárias algumas “maquiagens” no PGH para se conseguir recursos financeiros. Para tanto, apareceram duas categorias distintas: *ciência neutra e de credibilidade*, e também *ciência não neutra e de credibilidade*, permeadas pela convergência de que a ciência é legitimada por sua credibilidade, mas, porém, a divergência quanto à sua neutralidade.

Deve ser retomado que os dois discursos expressaram que havia poucas expectativas e que foram alcançadas. Entretanto, deve ser lembrado que, um dos aspectos que propulsionaram o PGH foi a expectativa de tratamentos de doenças como o câncer e outras doenças genéticas:

O Projeto Genoma [...] teve início em 1986, a partir de um artigo de minha autoria, publicado na Science [...]. Tratava-se de uma reflexão: os longos anos empregados no estudo do câncer haviam me convencido de que, para vencê-lo, seria necessário um conhecimento profundo dos genes que, quando alterados, induzem as células a se tornarem malignas (DULBECCO, 1997, p. 90)

Por outro lado, os discursos, de certa forma “ingênua” da comunidade científica, envolvida com a pesquisa genômica, intensamente proliferados pela imprensa, são analisados por alguns autores, entre os quais Leite (2007), como uma forma de chamar a atenção da esfera pública, principalmente a política, para o conhecimento biológico, até o momento produzido, e seu potencial em transformar-se em biotecnologias. Dessa forma, as expectativas salvacionistas, por exemplo, a possibilidade da cura do câncer, propagadas no lançamento do mega projeto, teriam o intuito, como concebido pelo bioquímico, de “vender o seu peixe”, afim de obter o financiamento de cerca de US\$ 3 bilhões, necessários para inserir a Biologia no rol do sistema tecnológico. Porém, para isso, era preciso chegar até o DNA, ou seja, até sua seqüência de nucleotídeos, simbolizados pelas letras A, C, G e T. Mas, daí chegar a decifrar seu código, compreender o que é gene e como se manifestam, talvez, realmente os cientistas já soubessem que se trata de uma tarefa complexa e laboriosa, da qual não dariam conta no prazo de 15 anos.

Entre as promessas divulgadas pelos cientistas do PGH estava o mapeamento gênico com a intenção de entender todo o metabolismo gênico para estabelecer relações entre genes e regulações, ou seja, tratava-se de descobrir, com a soletração do genoma, “o que é ser humano” (ROBERTS, 2000, p. 1185). Diante desse fato, torna-se relevante o posicionamento dos outros entrevistados que disseram acreditar que o PGH:

por enquanto não atendeu as expectativas. Imagino que as expectativas fossem além do seqüenciamento e isso ainda não aconteceu (ZOOLOGISTA F).

não atendeu as expectativas iniciais, [...] seqüenciamos os nucleotídeos, mas não sabemos para que serve.[...] Antes de terminar o PGH imaginou-se que tínhamos cerca de 150.000 genes e hoje já se viu que temos uns 30.000. A quantidade é muito menor do que se imaginava! Com a maturidade que foi se adquirindo, mudou muito as idéias quanto ao genoma (GENETICISTA B).

Eu penso que não! [...], creio que o PGH não tenha tanto peso assim, é preciso mais. [...]. Pensando em outros projetos, o genoma tem uma forte carga de divulgação.

A mídia nos últimos tempos é um poderoso meio de divulgação, ainda que quem faça a divulgação nem sempre faça isso corretamente, até por na obter formação naquilo (ZOOLOGISTA D).

Não atenderam, [...], desde os produtos tecnológicos, ou seja, **se conseguiu muito menos medicamentos, por exemplo, do que foi prometido. Muito, muito menos doenças foram combatidas do que se esperava.** Em termos do mercado, os ganhos em ações e em termos de produtos biotecnológicos foram muito menores do que se esperava. Agora acho que a grande coisa mesmo do PGH, é o produto que ele dá em termos de pesquisa em dois sentidos: bases de dados e humildade! [...] (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

Entre esses discursos ainda aparece a existência de perspectivas em relação à ciência, o que demonstra valores da Ciência Moderna, representado por características positivistas, na qual a ciência apresenta algumas características dogmáticas tendo o papel de trazer soluções, e estas por sua vez dignas de verdade (TRIVIÑOS, 2006). Tal fato se justifica no discurso do entrevistado geneticista ao apontar mudanças que aconteceram em relação aos dados obtidos durante o desenvolvimento do projeto, como a quantidade de genes e suas funções. Isso revela certa frustração quanto à crença em uma ciência linear, pautada nos valores positivista da Ciência Moderna (ZAMBIASI, 2006). Todavia, nas suas palavras, pronunciadas ao final da resposta a essa questão, o geneticista ao considerar que “Com a maturidade que foi se adquirindo, mudou muito as idéias quanto ao genoma”, manifesta o entendimento de que a ciência não progride de forma linear e cumulativa, mas que muitas vezes ocorrem rupturas e revoluções no modo científico de pensar.

O PGH trouxe um exemplo, dos momentos em que as expectativas são maiores do que os resultados imediatos. Essa afirmação pode ser confirmada no discurso do filósofo da ciência ao relatar que “se conseguiu muito menos medicamentos, por exemplo, do que foi prometido. Muito, muito menos doenças foram combatidas do que se esperava”. Não há dúvidas de que foi um grande passo o mapeamento gênico, no entanto, essa, provavelmente, não era a

única expectativa de muitos pesquisadores. Os conhecimentos acumulados nos anos em que o PGH se desenvolveu geraram mais perguntas do que respostas. Costa (2000) e Dias-Neto (2003) afirmam que várias décadas serão necessárias para identificar entre os inúmeros pares de bases seqüenciadas, aquelas comprometidas com a produção de proteínas responsáveis pela estrutura e controle do metabolismo humano.

Ao longo da entrevista os pesquisadores foram questionados quanto à contribuição das descobertas advindas do PGH e pós genômica para cristalizar ou provocar rupturas aos conceitos propostos na década de 1950. A intenção desta questão era de constatar convergências ou divergências nos discursos dos professores-pesquisadores que, nas respostas às questões anteriores, manifestaram-se contrários ou favoráveis à visão de uma ciência linear, neutra e cumulativa.

Nos discursos revelaram-se *unidades de significado* como:

Os conceitos iniciais são a base! E eu acredito neles. Acredito nessas bases! **Todos os trabalhos que saíram até hoje foram pedrinhas que foram sendo adicionadas**, organizadas para uma montagem maior. [...] Cada um foi adicionando sua pedra [...]. **Nada está sendo rompido! Está sendo acrescido**, está sendo aumentado, fundamentado (CITOLOGISTA, grifo nosso).

A estrutura foi determinada e está determinada e é aquela mesma. O grande mérito do modelo de Watson e Crick é que também possibilitou explicar um mecanismo [...] fiel replicação, esse foi o grande mérito. **Mas isso tudo continua de pé**. [...] Uma coisa foi consequência da outra, **foi um contínuo progresso** (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

**Contribui só para fortalecer, não teve rupturas.**

Em contrapartida, percebo que alguns livros tinham conceitos errados, principalmente em relação ao gene, que estão mudando. Mas ainda falta muito conhecimento, que pensam ter, mas não têm ainda (ZOOLOGISTA F).

Nos discursos apareceram forte valores da ciência constituída a partir da idade moderna. Nesse período havia se desencadeado a Revolução Científica, caracterizada pela busca de uma ciência baseada em um saber especulativo fundamentado sobre um critério de verdade, procurando em uma nova teoria uma representação definitiva da realidade (JACOB, 1998). Nesse ambiente se estabeleceu um racionalismo empírico, típico do positivismo, interessado em estabelecer como se produzem as relações entre os fatos, que por sua vez, construía uma ciência progressiva e cumulativa (TRIVIÑOS, 2006).

Nos discursos da maior parte dos pesquisadores se evidenciou esta concepção científica progressiva e cumulativa, enquadrada na categoria *ciência linear e cumulativa*.

Entretanto, apareceu novamente a presença de discursos heterogêneos, na denominada língua dialógica (BAKHTIN, 1997), aparecendo por meio de vozes divergentes e frases prontas no discurso:

[...] Mas, pelo menos na minha visão, não sei se houve abalo, prejuízo não. **Não acredito que isso mudou o conceito, até por acreditar que a coisa é uma sucessão!** E aí cabe uma análise: que é preciso ver sempre que tudo que se faz há erros e efeitos, **até porque tenho uma visão fortemente contra o maniqueísmo e penso que as coisas não acontecem nesse contraponto:** de um lado bem e do outro mal, de um lado acerto e do outro erro, mas que entre eles há um universo imenso que precisa ser pensado e entendido. [...] (ZOOLOGISTA D).

Outro ponto de destaque está nas convergências e divergências entre o discurso do Zoologista 'F' com os discursos do Bioquímico e do Citologista, entre suas próprias unidades. O Zoologista 'F' apresentou a crença na continuidade para o conceito de gene, entretanto, enfatizou a presença de conceitos errôneos em livros didáticos, e ainda, a falta de conhecimento na área gênica.

De forma contundente, ou sutil, enfatizaram não detectar rupturas de conceitos estabelecidos na década de 1950 em decorrência dos estudos pós-genômicos, mas uma continuidade. No entanto, apareceram dois discursos, peculiares. Um dos pesquisadores geneticistas mencionou acreditar que os avanços biotecnológicos trouxeram uma visão dinâmica, o que para ele não estava evidente no modelo de Watson e Crick:

[...]. Na questão das rupturas, logo após a apresentação do trabalho de Watson e Crick, já fomos verificando que aquela estrutura estática proposta por eles, não era definitiva, existiam outras estruturas. [...]. Verificamos que efetivamente nosso genoma é muito dinâmico e mais do que a estrutura dele, mas como ele funciona, a regulação dele (GENETICISTA E).

Outro dado que o pesquisador salientou como relevante nos resultados divulgados pelo PGH, refere-se à descoberta de apenas 3% do genoma humano ser constituído por regiões codificantes, e, ainda, a evidência de que, o mapeamento genético de organismos simples esteja próximo ao código genético humano. Os aspectos salientados por este pesquisador refletem rupturas em relação a algumas conjecturas consagradas anteriormente pela ciência (INTERNATIONAL, 2001; FIORAVANTI e PIVETTA, 2001; KELLER, 2002).

Nesta perspectiva, se evidenciou além da categoria discursiva de *ciência linear e cumulativa*, a presença também da categoria de *ciência complexa e multicausal*, representada no discurso do geneticista ao argumentar que o modelo estático de Watson e Crick foi aos poucos perdendo espaço para a dinâmica genômica estrutural. Esses argumentos caracterizam



a descontinuidade no conhecimento gênico, valores por sua vez, pautados nos valores de complexidade e imprecisão do Paradigma da Ciência Contemporânea. Kuhn ao criticar a visão positivista de que a ciência seria cumulativa e linear, disse acreditar que a ciência progride por revoluções, na qual “uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova, incompatível com a anterior” (KUHN, 1979, p.6).

Tais perspectivas apresentam-se nitidamente no discurso do filósofo da ciência, ao afirmar não acreditar na cristalização conceitual gênica:

[...]. Na verdade, você tem essa série de descobertas que vão solver o gene. E isso vai gerar um estado atual que é o **estado de perplexidade do estatuto ontológico do gene**. Agora é interessante também pensar que **boa parte dessa perplexidade não apreço para uma parte dos pesquisadores empíricos, porque como trabalham com conceitos operacionais, em geral tem um conceito de gene ou algum conceito de gene que dá conta das suas pesquisas**. E aí, o problema da conceituação em si mesmo, fica muitas vezes disfarçado. Agora, têm aparecido em artigos de pesquisadores empíricos, preocupações com a questão do gene. [...]. Esse fato demonstra que também a comunidade de pesquisadores empíricos esta percebendo isso, não tem como manter aquela visão do gene que foi construída na biologia molecular a partir de Watson e Crick, é necessário repensar o que é um gene (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

O pesquisador apresenta um discurso pautado na categoria *complexa e multicausal*, evidenciado na noção de que as atuais descobertas têm solvido o conceito de gene. Entretanto, traz um ponto importante ao relatar que, aqueles pesquisadores empíricos que trabalham com conceitos operacionais, possuem um conceito de gene que preenche suas necessidades. Tal exemplo de possíveis ‘emendas conceituais’ ao gene retrata a possibilidade de que talvez a humanidade contemporânea esteja firmemente arraigada na Ciência Moderna, e que as críticas realizadas por alguns autores em relação a tais valores, sejam apenas manifestações de um período histórico.

Diante desse panorama, os pesquisadores foram questionados quanto ao fato de acreditarem ou não em uma afirmação de Victor Hugo que diz “A ciência é assíntota da verdade. Se aproxima sem cessar e não toca nunca” (SHAKESPEARE, 1864, p.39 *apud* JACOB, 1998, p.111). Entre os pesquisadores surgiram afirmações como:

Concordo. O homem está sempre na busca, então nunca vai tocar [...]. Nunca vamos topa com a cara no muro que sempre terão várias coisas para buscarmos! (CITOLOGISTA).

A ciência está sempre avançando. [...], **não concordo que a ciência detenha toda a verdade**. [...]. A ciência está sempre se modificando, [...]. Dizem que nunca vamos atingir a verdade, [...]. Talvez ela nem exista, mas você falou bem uma assíntota, está muito próxima e se só aproxime no infinito! [...], é

difícil fazer esse tipo de previsão. [...] **mas puxa vida, estamos razoavelmente próximos** (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

A ciência está sempre avançando. Mas hoje não concordo que a ciência detenha toda a verdade. Se você imaginar o que era verdade há 100 anos não é mais verdade hoje. [...]. A ciência está sempre se modificando, sempre em evolução, caminhando, como um processo evolutivo. E cada momento quando aquilo não é mais real, condizente e não se consegue mais provar aquilo. Então cai por terra e começa de novo. A ciência está sempre recomeçando (GENETICISTA B).

Concordo, acho que isso é muito verdadeiro.

[...]. Victor Hugo disse isso? Se ele disse foi muito sábio.

Não sei se teremos a oportunidade de atingir, é assintótico mesmo, [...].

Nunca vamos tocar, atingir. Podemos aproximar (ZOOLOGISTA D).

Esses discursos expressaram uma idéia de que a ciência, ainda que nunca toque, avança acumulativamente (ZAMBIASI, 2006). Em contrapartida, não deve ser ignorado o fato de acreditarem que, em alguns aspectos, a ciência não atingiu o ápice do conhecimento, o que traduz uma quebra de valores como a de que a ciência empírica seria o único conhecimento confiável e capaz de explicar todos os fenômenos, proposto no alvorecer da Ciência Moderna (MARTINS e BICUDO, 1989).

No discurso expresso pelo bioquímico aparecem duas concepções distintas: a afirmação de que a ciência não detém toda a verdade e a expectativa de que a ciência esteja próxima da verdade. São valores distintos utilizados no mesmo discurso, que expressam categorias também distintas como a de *ciência não neutra e de credibilidade* e ainda a de *ciência complexa e multicausal*. Essas divergências expressas em um único discurso são caracterizadas dentro dessa Análise como a presença de um padrão de Transição Paradigmática entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea. Estes aspectos podem ser observados também na seguinte afirmação:

[...] Em alguns aspectos a ciência avançou com uma verdade bem consolidada, mas em outros aspectos, vai caminhar, caminhar e caminhar. E sempre uma verdade nos levará para outro caminho na busca de outra verdade [...]. Então essa questão da verdade não pode ser colocada como algo estanque: do bem, do mal, do sim, do não, do verdadeiro e do falso. Mas, uma construção da compreensão do que somos como funcionamos, como interagimos com o ambiente e isso cada vez se ampliará mais. Não creio que chegará um momento: hoje nós sabemos tudo. Não! (GENETICISTA E).

Neste aspecto vale lembrar que em vários momentos da história as regras e valores legitimados pela Ciência Moderna, não conseguiram dar suporte para todas as pesquisas emergentes, abrindo espaço para o surgimento de novas teorias incompatíveis com a anterior

(KUHN, 1979). Este fato demonstra que, regras, programas ou paradigmas, existem e os cientistas trabalham dentro de seu enfoque. No entanto, conforme Feyerabend (1977), não existem condições duradouras que possam limitar a investigação científica. O pesquisador propõe esta visão ao salientar que a verdade não poderia “ser colocada como algo estanque”, ou seja, limitado por único paradigma.

Alguns pesquisadores expressaram de forma mais contundente seu ceticismo em relação ao alcance da ciência, revelando a presença das categorias de *ciência não neutra* e *ciência complexa multicausal*, conforme abaixo:

Acho que o homem não tem esse poder de saber tudo. Atingir todo o conhecimento. Tantas coisas que quiseram desvendar: influenciar no sexo, mas nunca conseguem um resultado totalmente positivo, em curas, tentam, mas não atingem resultados totalmente satisfatórios (ZOOLOGISTA F).

**Não concordo com essa afirmação. Não há critérios para sabermos se estamos se aproximando gradualmente da realidade.**

Essa idéia de realismo de convergência é uma idéia que vários autores defendem de que já que **não há verdade absoluta, chegará bem pertinho, como numa assíntota! [...]. Você não tem acesso ao real para ter um parâmetro e saber se você está se aproximando ou não.**

O fato de que você tem sucesso nos modelos, usamos os modelos, pois os modelos são capazes de dar conta das tarefas que propomos a eles, mostra o valor pragmático dos modelos. Mas não vejo como se possa fazer uma inferência do valor pragmático para o conhecimento da realidade. [...] o valor pragmático dos nossos modelos não parece implicar necessariamente em que a gente está sabendo alguma coisa da realidade. Não tem como fazer um raciocínio de aproximação via assíntota (FILÓSOFO DA CIÊNCIA).

O último discurso traz a discussão ainda a questão do poder da verdade (Foucault, 1977) como critério de validação, negando de forma marcada alguns valores da Ciência Moderna ao discursar que “você não tem acesso ao real para ter um parâmetro e saber se você está se aproximando ou não”. Deve ser lembrado que o início da Ciência Moderna foi marcado pela necessidade de um método que legitimasse o que era verdade ou não, sendo para isso usado a dúvida e os reiterados testes como forma confirmatória (MAYR, 2008; JACOB, 1998).

Diante da necessidade de identificar, com mais veemência, a presença das tendências manifestadas em relação à ciência, como forma de produção de conhecimento, entre os professores-pesquisadores, bem como os valores paradigmáticos implícito em seus discursos, foi introduzida uma afirmação de Jacob (1998, p. 91) em que, o autor retrata a biologia como uma ciência que “conhece ciclos de humor, com períodos de otimismo seguidos de períodos de depressão.”

Os períodos de otimismo corresponderiam ao que Kuhn (1998) caracteriza como, a ciência normal em trabalho intenso com suas teorias aceitas, ou seja, o período em que a teoria está em plena vigência, sendo capaz de fornecer problemas e soluções para a comunidade. Por outro lado, os períodos de depressão seriam aqueles em que essas teorias não conseguem responder a todas as questões a qual se propuseram, passando a serem questionadas por novas teorias, entrando em exaustão, atingindo o que Bachelard (1996) denomina de obstáculo epistemológico.

Diante dessa afirmação e considerando-se as expectativas direcionadas pela engenharia genética, os professores-pesquisadores foram questionados sobre qual ciclo representaria nitidamente o momento atual, século XXI, para a genética biomolecular, bem como, quais acontecimentos sinalizariam seus posicionamentos. Entre os professores-pesquisadores apareceram *unidades de significado* como: “a fase atual é de otimismo, expectativas das coisas, [...], tem tanta coisa nova acontecendo!” (GENETICISTA B). Outros ainda acrescentaram a essa afirmação o fato de que, “por muitos anos não vamos viver depressão” (CITOLOGISTA).

Enquanto nas palavras de Kuhn (1998), o ciclo de otimismo representa-se pela vigência da teoria, no discurso do entrevistado, se percebe que “as coisas novas acontecendo”, são mencionadas como justificativa para qualificar a genética em uma fase de otimismo. Entretanto, o período atual não representaria a crise do paradigma anterior, ao supor que bastava mapear e seqüenciar o genoma para se descobrir as mais implicadas relações entre genes e características? No mesmo prisma do primeiro discurso, o segundo complementa que “por muitos anos não vamos viver depressão”. Nessa perspectiva, vale questionar até que ponto os resultados genômicos não caracterizaram o início de uma depressão? Deve ser lembrado que idealizadores desse mega projeto como Craig Venter, saíram pouco a pouco do cenário genômico ao evidenciar que sua ambição estava longe de acontecer.

Diante desses episódios, deve ser salientado que, para uma Análise de Discurso “a palavra está sempre carregada de um conteúdo ou de um sentido ideológico ou vivencial” (BAKHTIN, 1990, p. 95), portanto, na seqüência cabe destacar, alguns comentários com mais detalhes, bem como, a contraposição de alguns professores-pesquisadores, que por sua vez, demonstram nas entrelinhas e de forma implícita suas concepções de produção científica.

O momento é de otimismo, pois está havendo muitas respostas. [...]. O olhar do cientista hoje não é mais o perfeito, o sistema, mas o entendimento das moléculas, o nível molecular. [...] (GENETICISTA E).

[...] o pico de otimismo, já passou, [...] **estamos descendo [...]. Em contrapartida não estamos no fundo do poço também. E não acredito que chegaremos ao fundo do poço**, logo teremos uma nova subida [...]. Estamos mais sóbrios. Na verdade é sempre assim, embora nem sempre haja muitos altos e bem baixos, há altos e baixos (BIOQUIMICO, grifo nosso).

O ciclo é de depressão. Porque hoje vejo que não conseguem explicar muita coisa. **Aquele empolgação que tiveram no início caiu**. Com a parte de plantas houve um pouco mais de avanço, mas com relação ao homem, o momento ainda é de depressão, não se descobriu muito, [...] (ZOOLOGISTA F, grifo nosso).

De otimismo com certeza! Se você ler os trabalhos da genômica e biologia molecular hoje, o que você vê na verdade é um discurso ainda de promessas para se entender cada vez mais. Creio que o momento ainda é de otimismo, e creio também que por mais que devamos criticar o determinismo e os exageros, de fato a biologia vive, em parte por causa dos resultados da genômica funcional e estrutural, vivemos um momento muito interessante. [...], agora se deixarmos de lado essa **'dama reducionista'** que nos acompanha as coisas serão bem melhores! Poderemos dar saltos muito maiores! De qualquer forma, a biologia esta sendo transformado diante de nossos olhos. **O momento é de muito otimismo!** (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

No primeiro discurso aparece o enquadramento da ciência em uma fase de otimismo, o que poderia direcionar a percepção de uma ciência ingênua, caracterizando a presença de categorias de *ciência neutra*. Entretanto, na seqüência, o entrevistado dá indícios da quebra dessa visão de ciência ingênua e perfeita, ao afirmar que o olhar do cientista mudou, não sendo mais o “perfeito, o sistema”, porém retrata que o olhar do cientista está voltado para “o entendimento das moléculas, o nível molecular”. Tais afirmações caracterizam a presença da categoria denominada nessa pesquisa por *ciência reducionista*, pautada no entendimento molecular como resposta para as complexidades ainda não compreendidas pela ciência.

Certamente, o entendimento molecular tem o potencial de trazer muitas respostas ainda não alcançadas, entretanto, o que se percebe entre grande parte dos pesquisadores, tem sido o lance de “todas as suas cartadas” nas moléculas, na compreensão do entendimento gênico. A presença de concepções reducionistas entre os professores-pesquisadores demonstra ainda, a forte influência dos valores do Paradigma da Ciência Moderna como legitimadores durante suas argumentações (ZAMBIASI, 2006).

No que se refere ao entendimento molecular, cabe ser destacado ainda que, algumas pesquisas têm demonstrado a existência de uma relação estreita entre as moléculas e outros fatores, o que demonstra que não basta conhecer totalmente as moléculas, mas também, sua interação e resposta ao ambiente (BARATA e GUIMARÃES, 2007).

No segundo discurso detalhado acima, aparece à afirmação de que a ciência já tenha passado pela fase de otimismo, o que parece antagônico ao primeiro discurso. Em contrapartida, o entrevistado retoma o fato de não acreditar que a ciência esteja ou chegue ao fundo do poço, ou seja, aparece a forte credibilidade da ciência, acrescentada pelo discurso de que “embora nem sempre haja **muitos altos e bem baixos**, há altos e baixos (BIOQUIMICO, grifo nosso), configurando uma categoria de *ciência não neutra e de credibilidade*.

O discurso do filósofo da ciência direciona dois pontos interessantes, o fato de enquadrar a ciência em uma fase de otimismo, o que poderia direcionar a percepção de uma ciência ainda linear, caracterizando a presença de categorias de *ciência linear e cumulativa*. Entretanto, na seqüência, o entrevistado direciona a quebra dessa concepção de ciência afirmando que “se deixarmos de lado essa ‘**dama reducionista**’ que nos acompanha as coisas serão bem melhores! Podermos dar saltos muito maiores!”. Esse discurso demonstra que apesar do pesquisador não negar o quanto a ciência avançou, não significa que tenha uma concepção ingênua de ciência ao ponto de negar a presença da “dama reducionista” na biologia molecular, ou seja, seu discurso pauta-se na categoria de *ciência não reducionista*, direcionando uma visão complexa.

Entretanto, diante de alguns vestígios reducionistas entre os professores-pesquisadores, ao longo da entrevista foram questionados sobre acreditarem ou não de que o momento atual represente um determinismo tecnológico, e ainda, caso acreditassem, que retratassem a diferença desse panorama em relação ao passado eugênico racial da década de 1940. A pertinência dessa questão se deu ao fato de o reducionismo ter como ‘mão dupla’ o determinismo em suas vertentes, como a crença de que a tecnologia e as pesquisas genéticas, por exemplo, possibilitassem as mais variadas intervenções e padrões de beleza e saúde.

Entre os professores-pesquisadores apareceram *unidade de significado* como “estamos vivendo essa época” (GENETICISTA B), “continuamos, porém de outra maneira (ZOOLOGISTA D)”. Outro pesquisador firmemente disse que “estamos vivendo talvez um reducionismo, está tudo se reduzindo ao carbono, hidrogênio, isso eu acredito. Não acredito em força vital, nada misterioso, eu **só acredito nas moléculas**, são elas que determinam tudo” (BIOQUÍMICO).

Esta última afirmação demonstra o quanto os valores reducionistas estão presentes na produção científica, principalmente, entre os pesquisadores moleculares. As bases da ciência moderna e as contribuições que a engenharia molecular permitiu à ciência nos últimos quarenta anos justificam a categoria de discurso *ciência reducionista*, presente nas entrevistas. Em alguns discursos essa tendência se mostrou sutil, nessa afirmação, entretanto, aparece evidente por meio de palavras arraigadas de conceito. Nesse caso o reducionismo transita

como uma palavra arraigada de conceitos e acumulações ideológicas do Paradigma da Ciência Moderna.

Entre os discursos acerca de um possível determinismo tecnológico, apareceu a afirmação de que:

Sim. Acredito que o que difere hoje são as intenções, como busca de tratamentos, para melhorar. [...]. Não acredito hoje, mas futuramente podem padronizar um perfil de indivíduo, só inteligentes, ou sem propensão a determinadas doenças, não sei (ZOOLOGISTA F).

Nesse discurso o pesquisador demonstra perceber a presença de uma eugenia positiva, pautada em pequenas intervenções que traga mais qualidade de vida, o que demonstrar crer que a eugenia não faça parte apenas do passado. Nessa perspectiva vale ressaltar que, Mai e Angerami (2006) afirmam que a eugenia não faz parte apenas do passado. Enquanto no passado a eugenia se destacou ao se utilizar das leis da hereditariedade para explicar comportamentos sociais indesejáveis, atualmente, os cientistas transitam no campo da composição dos genes, para possibilitar o acesso aos benefícios dessa tecnologia.

O entrevistado ressaltou ainda, a preocupação de que essas tecnologias venham futuramente padronizar perfis de características. O que demonstrou a presença de uma categoria de discurso aqui denominada de *ciência determinista*. As concepções pautadas em valores deterministas conferem ao DNA a responsabilidade em deter todas as informações codificadas (necessárias e suficientes) para determinar as características de um indivíduo, desconsiderando a possível interferência do ambiente (BURBANO, 2006).

Não restam dúvidas de que, os avanços biotecnológicos, alcançando o ‘gosto popular’, proporcionou às pessoas vislumbrarem a busca da longevidade, o impedimento de doenças que poderiam desenvolver, entre outros. Entretanto, os conhecimentos genéticos em desenvolvimento na era pós-genômica, século XXI, ao invés de apoiar as noções deterministas, criaram desafios críticos a essas noções, evidenciando a complexidade no sistema gênico, bem como, a possibilidade de influências externas ativarem ou silenciarem certos genes.

Esse olhar pautado nas relações complexas e sistêmicas, caracterizado como categoria discursiva de *ciência complexa e multicausal*, pode ser observado nas palavras do entrevistado abaixo:

Não. Na verdade pelo contrário. A eugenia do passado, em que as pessoas eram determinadas pela sua origem genética, hoje caiu por terra. Primeiro, porque pelo seqüenciamento observamos que somos quase todos iguais e parecidos com outros organismos, com poucas diferenças; A evolução tecnológica está dizendo que: apesar de haver um seqüenciamento expresso

em nosso nascimento sinalizando que podemos ficar doente, não significa que venhamos a ter aquela doença. Logo não existe mais essa determinação biológica. [...] (GENETICISTA E).

Nas palavras desse entrevistado, as últimas pesquisas têm demonstrado o quanto às expectativas eugênicas imbuídas entre as pessoas estão longe de serem alcançadas, uma vez que, as pesquisas têm corroborado para a complexidade gênica e suas multi-influências. Essa atmosfera retrata o quanto, a própria ciência com suas pesquisas, direcionam os prévios diagnósticos fechados reducionistas e deterministas, para as imprevisibilidades, complexidades e multicausalidades (MORAES, 1997; BEHRENS, 2003), pertinentes à visão de Ciência Contemporânea.

Cabe ressaltar que, um dos entrevistados ao afirmar crer na presença eugênica nas pesquisas atuais reiterando que “a genética, em particular, sempre vive um enamoramento problemático com a idéia de que ela possa melhorar a espécie humana”, trouxe à discussão um ponto de questionamento importante para a ciência:

[...] há campos de pesquisas que são absolutamente injustificados, por exemplo, para que investigar um método que permitam que as pessoas escolham o sexo do bebê? Qual a utilidade disso? Isso não melhora a humanidade em nada, não melhora a saúde em nada, só cria problemas! Por que essa pesquisa é feita? Por que ela é financiada? Quais são os interesses que estão por trás disso? Ou quando um pesquisador escreve que ‘a pesquisa dele irá beneficiar a humanidade, porque irá curar uma doença’. Quem é essa humanidade? Qual poder aquisitivo precisa ter para poder comprar o produto tecnológico que vai sair da pesquisa que está sendo feita? (FILÓSOFO DA CIÊNCIA).

Tais argumentos colocam em xeque a visão de uma ciência neutra, a qual simplesmente trabalha para o bem da humanidade. Essas questões trazem ao questionamento as bases de financiamentos e a percepção de que a ciência está envolta por aspectos sociais e econômicos, ao passo que, muitas pesquisas direcionadas beneficiam apenas a parcela da população de longo alcance econômico. Certamente, tais destaques explicam o sinuoso percurso da ciência, e principalmente, responde a tantos avanços tecnológicos, uma vez que, tais recursos são bem aceitos pela população economicamente ativa.

No que se refere à ciência, não pode ser negado o fato de quanto sua extensão mediada pelos valores de seus paradigmas, avançaram nas últimas décadas, porém, este fato não implica que em diversos momentos aconteceram ou possam acontecer rupturas, quebras de conceitos ao longo do percurso científico. Entretanto, cabe destacar que, em vários momentos das entrevistas, ainda que, de modo implícito surgiram discursos envoltos por valores



legitimados pela Ciência Moderna, como concepções deterministas, reducionistas e de ciência linear e cumulativa.

Essas constatações são extremamente compreensíveis, pois o século XX e XXI são herdeiros da Revolução Científica e suas lentes. Em outros momentos, porém, pode se observar certa transitoriedade nos discursos dos entrevistados, o que possibilitou a caracterização de um padrão de Transição entre o Paradigma da Ciência Moderna e Contemporânea nos discursos analisados.

Vale ressaltar que este tipo de observação tem como intuito não criticar o posicionamento dos entrevistados, ou demonstrar contradições em seus discursos. Mas, observar os valores legitimados nas concepções dos professores-pesquisadores da ciência no século XXI. A presença mais freqüente em suas concepções de valores pautados pelo Paradigma da Ciência Moderna revela apenas, o quanto esses valores influem ainda o século XXI, e, portanto, o quanto a ciência ainda está edificada nos princípios da linearidade e simples causalidade.

Portanto, essa geração ainda tem em suas bases, os frutos de um cientificismo ingênuo, crédulo de uma ciência neutra de ideologias. O que precisa ocorrer é a quebra da herança de uma ciência neutra e infalível, que produz verdades às quais a sociedade se submete.

### 3.6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS CONCEPÇÕES DE GENE ENTRE PROFESSORES-PESQUISADORES

A análise que seguirá nesse tópico teve o intuito de constatar as concepções explicitamente ou implicitamente manifestadas nos professores-pesquisadores acerca do conceito de gene, identificando a presença de padrões de discursos, conforme no tópico anterior. Entretanto, os padrões observados permitiram além da percepção das tendências manifestadas em relação à ciência como produção de conhecimento, observadas anteriormente, evidenciar as concepções dos professores-pesquisadores sobre uma possível ruptura ou linearidade no conceito de gene.

Após cada questão, aconteceu uma *redução* fenomenológica, onde foram destacados alguns trechos dos discursos, denominados de *unidades de significado*, em que apareceram evidências de concepções e ideologias quanto ao conceito de gene. As unidades de significado identificadas possibilitaram concomitante uma *compreensão ideográfica*, onde se procurou

tornar visível a ideologia presente nas descrições dos sujeitos, ou seja, a representação do professor-pesquisador em sua essência. Na seqüência, aconteceu à formação de categorias de discursos, onde puderam ser evidenciados valores científicos pautados na linearidade, ruptura ou ainda, em uma transição sobre o conceito de gene.

Essa trajetória fenomenológica propiciou com base nas divergências e convergências expressas pelas *unidades de significado*, também uma *compreensão nomotética* geral dos discursos entre os professores-pesquisadores. Cabe ressaltar que, os discursos dos professores-pesquisadores foram analisados com base nas questões semi-estruturadas apresentadas, levando em consideração os conceitos empregados e também as concepções implícitas em seus discursos.

Iniciando a entrevista, alguns assuntos relacionados ao PGH foram trazidos ao contexto, como por exemplo, a utilização de muitas metáforas relacionadas ao DNA. Pois, sabe-se que durante o desenvolvimento do PGH surgiram muitas metáforas, como por exemplo, a de se referir ao DNA como o “Livro da Vida”, atribuindo-se ao PGH a função de desvendar os mistérios contidos nesse livro. Os professores-pesquisadores foram questionados sobre o fato de acreditarem ou não, que as características de um indivíduo pudessem ser atribuídas diretamente à informação contida na seqüência de DNA. Essa questão teve a intenção de identificar a presença de tendências deterministas, que por sua vez, sinalizariam concepções de linearidade no conceito de gene e seus aspectos.

Entre os pesquisadores surgiram *unidades de significado* como: “eu acredito, pois, você tem uma seqüência de nucleotídeos e essa seqüência de nucleotídeos, de forma regulada, organizada, determina como serão as características do indivíduo” (CITOLOGISTA). Apareceram também afirmações transitórias, onde os entrevistados expressaram conhecimento sobre as possíveis interferências, como: “depende de qual característica do indivíduo. [...] sabemos que algumas de nossas características estão diretamente ligadas a esse DNA, ao material genético, outras parcialmente e outras não estão, porque você tem a influência do ambiente” (GENETICISTA B).

Esses discursos revelaram duas categorias distintas. O primeiro discurso demonstrou uma concepção genética alicerçada em valores de uma ciência determinista, se encaixando na categoria de *ciência determinista*. Entretanto, o segundo discurso, apresentou certo ceticismo a um determinismo ingênuo, o que se enquadra na categoria de *ciência complexa e multicausal*, pois, demonstra haver vários fatores envolvidos na expressão final do gene.

Diante desses discursos, cabe destacar que, após o seqüenciamento gênico e a identificação de um número reduzido de genes em relação ao estimado (KELLER, 2002),

ficou perceptível a presença de possíveis formas de interferência na expressão final do material genético, ou seja, ainda que o código genético não sofra alterações, sua expressão final poderia sofrê-las. O campo de estudos que trabalha as possíveis influências que a expressão gênica sofre ficou conhecido por epigenética. Entretanto, cabe retomar que, Waddington (1957), ao buscar respostas para o mecanismo de diferenciação celular de tecidos embrionários, utilizou o termo epigenética para destacar a presença de respostas fenotípicas diferentes a possíveis ativações gênicas, repressões e influências externas como mudanças ambientais.

Atualmente, a epigenética busca esclarecer como fatores ambientais e hábitos alimentares, podem interferir no funcionamento dos genes, mesmo sem produzir mutações na seqüência do DNA, trabalhando com possíveis substâncias capazes de silenciarem ou ativarem os genes (BARATA, GUIMARÃES, 2007; DIAS CORREIA, 2007). Entretanto, acreditar nessas possíveis interferências, requer entender que o DNA não seria uma unidade estanque. Nessa perspectiva, a epigenética institui um novo paradigma, onde a unidade hereditária não seria apenas a seqüência de DNA do gene, mas ele em associação com os fatores ambientais que podem mudar sua expressão final, por mecanismo como, metilações do DNA, modificações de histonas e ação de RNAs não codificadores (BENDER, 2004).

No que se referem aos entrevistados, aqueles que demonstraram acreditar que a seqüência de DNA determina a expressão final, sem fazer referências às possíveis intervenções, apresentaram uma concepção paradigmática determinista quanto ao gene e, portanto, caracterizaram-no dentro dos valores da Ciência Moderna. Entre os entrevistados que sinalizaram possíveis interferências na expressão final, a grande maioria apresentou um padrão de concepção transitória, onde, apesar de demonstrarem outras influências, apresentaram enfoques reducionistas entre o discurso como abaixo especificado:

Tudo é determinado pela seqüência do DNA! Claro que ao longo do desenvolvimento, [...] muitas seqüências são interpretadas. Algumas são reprimidas outras não são reprimidas e isso depende de uma série enorme de fatores. Mesmo gêmeos idênticos muitas vezes têm alguma sutil diferença, muitas vezes até por crescerem em ambientes diferentes. **Mas basicamente qualquer coisa que eu ou você sejam, é determinada por aquela seqüenzinha.** [...] a seqüência não é uma coisa estanque. Ela se relaciona com outras coisas, outros fatores e essa seqüência pode se expressar ou não, dependendo desses fatores. [...] (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

Esse discurso expressa uma transição de valores, pois ora pauta-se no reducionismo para explicar fenômenos, ora, encontra argumentos na complexidade das relações gênicas.

Portanto, diante das divergências no próprio discurso, há a presença das categorias de *ciência determinista e ciência complexa e multicausal*.

Cabe destacar, que a genética firmou seus pilares na visão da Ciência Moderna, construindo uma trajetória pautada na ambição de interpretar o organismo pela estrutura de suas moléculas (JACOB, 1985). Baseada nessa concepção filosófica positiva, em busca do real, a biologia do século XX, buscou converter todas as entidades abstratas, como o gene, em elementos concretos, como moléculas (JACOB, 1985), caracterizando um reducionismo molecular, pautado em modelos concretos. Entretanto, as pesquisas desencadeadas pela própria ciência, como por exemplo, os resultados do PGH ao invés de apoiar as noções deterministas e reducionistas têm evidenciado a presença da complexidade e multicausalidade, característicos da Ciência Contemporânea (MORAES, 1997; BEHRENS, 2003).

Entre os professores-pesquisadores entrevistados, surgiram *unidades de significado*, onde apareceram de alguns indícios de um posicionamento voltado para a consciência dessa complexidade nos estudos genéticos, gerados com os resultados do PGH, o que caracterizou mais veemente a categoria de *ciência complexa e multicausal*:

Acredito que sim, mas não tudo, por que você vai ter interferências do meio. Está tudo ali, mas, por exemplo, a diabetes: tem quem acredite que seja só a parte alimentar, entra também a hereditariedade, e o meio ambiente interfere também. O código genético está ali, mas pode sofrer interferências do meio, ainda que pequenas, que o façam super-expressar ou silenciar (ZOOLOGISTA F).

Não restam dúvidas, entretanto, que como retratou um dos professores-pesquisadores, “[...] nós sabemos que certas características sofrem ainda, interferência do meio externo”, entretanto, “essa é uma área muito insipiente, um terreno movediço” (GENETICISTA E), onde ainda, faltam muitos dados. Essa afirmação está pautada na categoria de discurso caracterizada como *ciência das incertezas e imprevisibilidades*, onde o entrevistado revela acreditar que além das multi-relações envolvidas na expressão gênica, em se tratando de uma área insipiente, há também as imprevisões.

Em alguns discursos, essa visão complexa apareceu de modo mais eminente, de forma a revelar que o DNA não seja o único fator responsável pela expressão fenotípica final. Tais afirmações se desvelaram no discurso do filósofo da ciência, ao retratar que:

[...]. Essa biologia em que gene determina tudo só serve para entender metabolismo e olhe lá, parte dele.

[...], **não é o DNA que faz coisas com a célula, é o contrário, a célula que faz coisas com o DNA.** O DNA é um material inerte, o DNA não faz nada. **O DNA é um depósito de informação.** O DNA não pode ser programa, agente. O DNA é uma base de dados (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

Seu discurso pauta-se na categoria de *ciência das incertezas e imprevisibilidades*, onde se estabelece várias relações para se entender uma característica externa. O discurso relata a existência de uma concepção determinista entre as pessoas, fato divergente ao seu posicionamento. Ora, as atuais pesquisas na genética têm apresentado possíveis rupturas em alguns conceitos consagrados ao revelar dados inesperados. Uma ilustração disso seria a descoberta da grande quantidade de genes em comum entre os organismos ‘superiores’ e ‘inferiores’, o que traz uma lição de humildade para os homens, mas também, retrata a necessidade de uma retomada de vários conceitos genéticos, entre eles, o gene.

Diante dessa constatação, e o fato do PGH e das pesquisas posteriores terem colocado em choque muitos conceitos estabelecidos, como por exemplo: um gene-uma proteína; gene como um trecho de DNA que codifica proteínas. Os entrevistados foram questionados sobre como conceituariam o gene hoje. Entre os discursos apareceram *unidades de significado* como: “o gene é uma seqüência de DNA que codifica para um polipeptídeo, e esse polipeptídeo pode ser uma proteína”, e ainda, o fato de que, “esse peptídeo pode ser uma enzima ou uma proteína que não tem atividade enzimática” (CITOLOGISTA). E ainda que, “o gene é uma seqüência de DNA que codifica para um polipeptídeo. [...], podemos definir o gene como uma seqüência de DNA que codifica para uma cadeia polipeptídica, que é o conceito empregado nos livros de genética. [...] fico com ele, embora saibamos que não é só isso [...]. (GENETICISTA B).

Esses discursos apresentaram resistência em relação a algumas alterações no conceito de gene, e também, uma preocupação em utilizar conceitos alternativos, o que demonstra cuidado, porém também, certa resistência à mudanças conceituais. Cabe destacar que, entre os discursos surgiram indícios de uma dificuldade para se estabelecer um conceito contínuo e fechado para o gene, conforme pode se observar abaixo:

O conceito antigo de gene era um gene-uma proteína. [...]. **Esse conceito, realmente não pode mais ser dito.** Mas essa frase era uma frase feita e gostamos de frases feitas, pois são mais fáceis de entender. Obviamente **essa frase não se sustenta** inclusive se estou bem informado **a maior parte do genoma não se sabe para que sirva.** Talvez seja esse o grande desafio, saber para que serve (BIOQUÍMICO, grifo nosso)

Nas palavras do professor-pesquisador acima, fica perceptível que o conceito de gene não atravessou até o momento, um caminho linear, mas permeado de rupturas e ainda impreciso. O discurso desse entrevistado em relação a essa questão, não apresentou um conceito fechado, mas noções de que seus paradigmas anteriores não se sustentam diante das pesquisas pós-genômicas, o que revela a presença da categoria de *ciência das incertezas e imprevisibilidades*. Diante desse fato, vale lembrar que o conceito de gene durante seus cem anos de criação terminológica, atravessou períodos de confirmações e outros que demonstraram algumas desestabilizações em seus pilares.

A proposição do modelo de dupla-hélice de Watson e Crick funcionou como um afunilamento para o conceito de gene, anteriormente proposto por Johanssen. Entretanto, a introdução de dois tipos diferentes de genes, os “estruturais” e os “reguladores”, por Jacob e Monod propiciaram a primeira desestabilização da forte noção do poder de ação dos genes (JACOB, MONOD, 1961). Após esses acontecimentos, o conceito passou pelo refrigério dos resultados satisfatórios da engenharia genética, quando então os avanços no conhecimento de morfogênese e de diferenciação celular deram o último embate sobre o papel dos genes, desarticulando a idéia bem arraigada que o gene controla diretamente o fenótipo. Um exemplo interessante para ilustrar esta idéia é que alguns tecidos podem sofrer transdiferenciação e mudar seu fenótipo em resposta aos sinais ambientais, fatores de crescimento ou hormônios do meio extracelular (HENRY, 2003; BURKE, TOSH, 2005). Essas noções de influências externas na expressão do fenótipo, bem como, de que o conceito passou por várias fases, pode ser percebido no discurso abaixo descrito sobre o que é gene:

Seria aquela parte do DNA que sofrerá uma transcrição, formação do RNA e a síntese protéica. A formação desta proteína será responsável pela expressão do gene, irá passar a característica. **Antes nos livros** simplesmente diziam que o DNA era responsável pela característica, mas na verdade existe esse impasse: a transcrição e a tradução. E ainda os genes que não estão ativos, que estão silenciados. **Os genes para serem ativados ou silenciados, podem receber influências de um contato molecular** (ZOOLOGISTA F, grifo nosso).

O entrevistado ao enfatizar no discurso que “antes nos livros diziam que o DNA era responsável pelas características [...]”, demonstra a noção de alterações consideráveis conceituais para o gene. Outro ponto destacado está na percepção de que os genes podem receber influência externa, ou seja, ainda que o DNA seja detentor das características dos indivíduos, não necessariamente seja detentor da expressão final. Esses dados demonstram uma grande rede complexa de informações e relações no entendimento, funcionamento e

expressão gênica. O que se enquadra na categoria discursiva de *ciência complexa e multicausal*, demonstrando que um conceito gênico pautado em noções deterministas, como a detenção do controle fenotípico, possivelmente esteja apresentando indícios de uma crise conceitual e paradigmática.

Apesar do conceito de gene apresentar indícios de rupturas e crise, de acordo com Morin (1990; 1991), a mudança de um paradigma é difícil e lenta, pois a mudança de premissas implica o colapso de toda uma estrutura de idéias. Esse pressuposto pode ser evidenciado nas palavras de um dos entrevistados, que ao se portar ao conceito de gene ressaltou que “**o conhecimento é algo contínuo**. Cada pedrinha que foi sendo adicionada antes e pós PGH foi acrescentando uma série de informações” (CITOLOGISTA, grifo nosso).

Essas afirmações são puramente pautadas nos valores de *ciência linear e cumulativa* (categoria discursiva). Mas será que todos os acontecimentos na ciência são cumulativos e lineares? Certamente todas as informações servem para a construção da ciência, entretanto isso não implica no fato de que, de tempos em tempos, pesquisas recentes desestabilizem conceitos anteriores. Tal fato pode ser observado nas unidades de significado abaixo, onde o entrevistado apresentou a necessidade de uma revisão e talvez até da absorção de concepções alternativas para o gene.

[...], **se o conceito de gene vai sobreviver no século XXI, deve ser pensado como verbo e não substantivo**. Então ao invés de dizer que tem gene no DNA, **eu diria que o DNA tem um conjunto de domínios, que seriam definidos como regiões, que são estrutural ou funcionalmente definidas**, [...]. De maneira que eu diria que essas células ‘geneiam’ e talvez o local onde de fato você encontrará um gene seja no RNAm maduro. Agora claro que tem o problema de que o gene que está lá no RNAm maduro, **ele não tem as propriedades de estabilidade que esperamos do gene como material de herança**. [...]. **Talvez essa seja a única maneira do conceito de gene sobreviver nesses novos tempos**. Lançamos sobre o gene várias expectativas que talvez não seja possível lançar sobre eles, como as expectativas de que eles seriam a unidade de estabilidade no material genético. Agora depois de vários projetos apareceram algumas expectativas de salvar essa coisa do gene [...], a partir desses resultados dos projetos tentam propor uma definição de gene mais tradicional (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

Esse discurso está imbuído de noções de uma ciência *complexa e multicausal*. O pesquisador apresenta as possíveis vertentes que esse conceito venha a seguir como forma de sobrevivência no século XXI. Entre tais vertentes, destaca-se uma visão instrumental ao gene, que, por conseguinte, retira tantos “poderes” dados ao conceito. O entrevistado, porém, lança uma opção de salvação conceitual pautada em uma visão tradicional ao invés de alternativa. Tais pontos trazem a discussão que talvez o conceito, assim como os valores da Ciência

Moderna, permaneça invicto por mais algum tempo. Haja vista que, de acordo com Kuhn (1998) o cientista pesquisador trabalha dentro de um paradigma de atuação e, portanto, na maioria das vezes o paradigma emergente não se revela como uma intenção do pesquisador. Por isso, as mudanças de paradigmas ocorrem por meio das experiências e evidências que coloca o pesquisador frente a frente com os limites do paradigma vigente (MORIN, 1990).

Diante dessas afirmações, será que se pode enquadrar o conceito de gene como um caso de crise paradigmática? Ou, trata-se apenas de algumas anomalias, as quais poderão ser sanadas com as próximas pesquisas científicas? Certamente, essas são questões complexas, entretanto, a que se admitir que o conceito de gene atravessou vários momentos conceituais divergentes, desde a relação um gene-uma enzima até chegar aos dados experimentais que demonstraram o processo de splicing alternativo ou emenda alternativa (GRABOWSKI et al., 1985). Esses dados modificaram a noção do gene, levando ao entendimento de que um gene poderia produzir múltiplas proteínas diferentes a partir de uma mesma seqüência. Neste novo contexto, a definição ficou resumida na expressão conhecida de “um gene, várias proteínas” que representava a noção de uma seqüência de DNA que possui exons como segmentos independentes e que estes exons dependendo do contexto celular poderiam fazer proteínas diferentes.

Possivelmente essa definição continuaria mudando, e de forma significativa, quando se descobriu que alguns íntrons normalmente considerados como lixo molecular, em determinados contextos celulares poderiam fazer parte das proteínas (HIRATA et al., 2003). Desta forma a definição que atendeu estas mudanças conceituais ficaria como uma seqüência de DNA com íntrons e exons e que, dependendo do contexto celular, ambos podem formar parte de cadeias polipeptídicas diferentes (KELLER, 2000).

Este processo de grandes mudanças culminou com as evidências experimentais do processo celular de edição (editing) na qual os RNAm produzidos pelas células podem sofrer adição de bases uracilas em locais específicos, chegando ao ponto difícil de aceitar de que algumas proteínas não possuem informação codificada nos genes (STUART et al., 2005; TURELLI, TRONO, 2005). Essa seqüência de mudanças parece ter alcançado seus limites, direcionando o conceito de gene para uma possível complexidade, e, portanto, defrontando os pilares de seu paradigma.

Vale lembrar que o resultado do PGH ao invés de apoiar as noções de determinismo genético criou desafios críticos a essas noções clássicas. Ora, cerca de dez anos atrás, muitos biólogos acreditavam que o seqüenciamento “pudesse, por si só, prover tudo o que era necessário para compreender a função biológica” (KELLER, 2002, p. 17). Entretanto, suas



conclusões revelaram o “abismo entre informação genética e significado biológico” (KELLER, 2002, p. 19).

Os resultados ao apresentarem como novo desafio o entendimento da função e regulação gênica, demonstraram a existência de uma relação intrínseca entre genes e controles epigenéticos, como por exemplo, o processo de metilação (WOLFFE & MATZKE, 1999). Não restam dúvidas de que exista uma gama de complexidade no funcionamento gênico, e ainda que, o mapeamento gênico não prevê todas as funções e regiões codificadoras. Portanto, de acordo com Craig Stevens (*apud* KELLER, 2002, p. 17) “a era da análise genômica representa um novo começo, não o começo do fim, da biologia experimental”.

Apesar dessas constatações, com a conclusão do PGH e as tecnologias disponíveis no campo da genética, pode ser observado ao final do século XX e no século corrente, a identificação de vários genes “causadores de doenças”. Um fato que ilustra tal afirmação ocorreu em um jornal de grande veiculação, em que foi apresentada uma reportagem sobre o mapeamento genético do enfarto, traçado pela USP e pelo Instituto Dante Pazzanese, em 13/02/2009. O cardiologista entrevistado afirmou que “essa descoberta vai possibilitar o entendimento do mecanismo de geração do enfarto [*sic*]; é como se a gente dispusesse de manual de instrução de como um paciente enfarta”. Relatou ainda acreditar que “num futuro próximo cada paciente com enfarto do miocárdio ao adentrar num serviço de emergência terá seu sangue coletado para rapidamente ser mapeado seus genes. E a partir desses genes mapeados será escolhido a terapêutica ideal para cada paciente.”

Diante do paradoxo entre a consciência de que o mapeamento não se tratou apenas de uma parte do emaranhado de segredos contidos na expressão gênica e do número enorme de genes causadores de anomalias identificados. A reportagem acima descrita foi apresentada aos professores-pesquisadores entrevistados, e estes foram questionados sobre o fato de acreditarem ou não que as afirmações do médico entrevistado serão possíveis.

Entre os entrevistados apareceram *unidades de significado* convergentes como: “tecnologicamente vai ser possível” (CITOLOGISTA), e ainda, “antes eu era mais cética, não acreditava em algumas coisas, mas pensando em todas as tecnologias disponíveis creio que sim” (GENETICISTA B). Mas também surgiram discursos divergentes á essas afirmações como: “não é tão fácil, como imaginam. [...]. Hoje falta conhecimento para aplicar isso: de como interferir (ZOOLOGISTA F)”.

O que pode ser observado nesses discursos são duas visões distintas de opiniões e concepções dos últimos acontecimentos nas pesquisas genéticas. Os dois primeiros discursos se pautaram no otimismo das pesquisas gênicas, o que expressa ainda, uma categoria de

*ciência determinista*. Entretanto, deve ser lembrado que, os resultados dos seqüenciamentos não trouxeram respostas estanques, mas, propuseram novas fronteiras para se desvendar, o que denota não bastar apenas seqüenciar genes, mas também, compreender suas inter-relações, ativações e desativações.

As idéias embutidas no terceiro discurso, por sua vez, apresentaram noções de que o sistema gênico não possui tantos fatores reducionistas quanto demonstrava inicialmente, o que revela uma categoria discursiva de *ciência complexa e multicausal*. O entrevistado parece ter se deparado com o que Jacob (1998, p. 155) retratou ser “a principal descoberta deste século [XX] de pesquisa e de ciência, [...], a profundidade de nossa ignorância da natureza”.

Vale destacar também outros comentários dos entrevistados, abaixo descrito:

[...] acredito que será possível, entretanto a terapia ainda não existe.

**Estamos vivendo um grande paradoxo:** podemos determinar o gene que dê a origem, o código, o sinal, mas não temos condição de mexer com isso efetivamente. **Nossa capacidade de interferência ainda é muito pequena** (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

As pré-disposições genéticas podem ser determinadas, uma vez que você entenda quais genes e vias metabólicas estão associadas. Se entendermos a regulação e quais genes estão [...] associados poderemos interferir precocemente. **Acredito que está muito insipiente**, mas daqui alguns anos quem sabe. **Creio que a ciência chegará ate onde o homem conseguir sonhar!** (GENETICISTA E, grifo nosso).

acredito que informação muito útil pode ser produzida a partir de um tipo de dados desse, **só não acredito que seja tão simples assim**. [...]. Certamente, a metáfora que o pesquisador usou vai um pouco longe demais, **por dar um peso excessivo a informação genética**.

[...], **eu não vejo como biólogo, por que atribuir aos fatores genéticos esse tipo de peso. Agora não devemos levar a critica para com a genética longe demais! Ela está produzindo conhecimento que é extremamente útil! É útil para fazer certas coisas, mas não para você prevê o destino dos seres humanos!** (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

O primeiro discurso retoma um problema enfrentado pela ciência e tecnologia, o paradoxo de ter acelerações em alguns conhecimentos e lentidão em áreas co-relatas, bem como a noção de que apesar dos mapeamentos, não aconteceram grandes avanços ainda nas terapias. Esse discurso revela a presença de valores reducionistas (*categoria de ciência reducionista*), ao entrevistado demonstrar que apesar de não existir terapias adequadas, acreditar que ainda será possível, relatando ser apenas uma questão de tempo. Em contrapartida, o entrevistado ao expor os paradoxos entre o conhecimento gênico e a

complexidade em suas aplicações, traz ao discurso a noção de que não percebe a ciência como uma forma de produção de conhecimento neutra (*categoria de ciência não neutra*).

Cabe destacar que, um dos objetivos da questão lançada entre os entrevistados era instigá-los de maneira a se posicionarem quanto a suas expectativas na genética, bem como, perceber suas percepções em relação às últimas pesquisas e suas possíveis conseqüências.

O segundo discurso apesar de demonstrar ser necessária uma compreensão mais abrangente sobre as interferências e vias metabólicas envolvidas entre o gene e a expressão final, revela crer que esse entendimento seria o suficiente para o entendimento de pré-disposições genéticas, o que demonstra ainda fragmentos deterministas (*categoria de ciência determinista*). Outro ponto destacado no discurso se evidencia na expectativa do alcance da ciência, ao mencionar “que a ciência chegará até onde o homem conseguir sonhar!”. Estas afirmações pautam-se no valor de credibilidade herdado como um dos valores da Ciência Moderna (*categoria de ciência neutra e de credibilidade*).

O terceiro discurso, por sua vez, apresenta inicialmente crer apesar de ser útil o mapeamento, não se sustenta como o necessário para a cura de doenças. Essas afirmações demonstram uma concepção de ciência complexa, pautada em uma rede de informações ao invés do simples ‘causa-efeito’. Entretanto, ao final do discurso afirma que tais críticas não devem levadas ao extremo sobre a genética. Afinal, não há como ignorar os avanços da ciência do século XX aos dias atuais, entretanto, no que se refere aos conhecimentos genéticos e, por conseguinte, ao conceito de gene.

Em contrapartida, não pode ser desconsiderado o fato de que as pesquisas realizadas pela própria ciência têm desestruturado os conceitos pautados em visões concretas e estáticas. Nessa perspectiva, Strohman (2002, p. 703, tradução nossa), retrata enxergar nesse momento, uma crise biotecnológica, precedida pela insistência “num paradigma científico que omite em grande parte o componente de sistemas dinâmicos”, ou seja, pautado em conceitos concretos e estáticos. Nas palavras do autor:

A biologia celular e molecular, em conjunto com novos desenvolvimentos teóricos, levou-nos na última década de uma visão sumariamente ingênua de **determinismo genético** (na qual características complexas são causadas por um único gene) para a **rude realidade de que quase todas as moléstias humanas são entidades complexas dependentes de contextos, para as quais nossos genes fazem uma contribuição necessária, mas apenas parcial**. Biólogos moleculares redescobriram a profunda complexidade da relação genótipo-fenótipo, mas são incapazes de explicá-la: algo está faltando (STROHMAN, 2002, p. 701, tradução e grifo nosso).

Diante da profunda complexidade entre genótipo e fenótipo, e os arbitrários posicionamentos perante o poder de resultados das terapias gênicas, os entrevistados foram questionados sobre o fato de que, se o mapeamento genético funciona como um “manual de instruções” (conforme mencionado pelo médico na reportagem), por que há dificuldades em fornecer tratamentos médicos às doenças mapeadas. Este questionamento teve a intenção de observar qual seria a argumentação dos professores-pesquisadores pautados na crença de que os conhecimentos genéticos e a tecnologia disponível possibilitariam as expectativas de cura das doenças mapeadas.

Apesar de nos discursos anteriores aparecerem alguns nuances deterministas, como a de que tecnologicamente seria possível, entre outras. Nessa questão os discursos se pautaram na complexidade e inter-relação gênica, ou seja, foi necessário se desapropriar de concepções estáticas e concretas. Para explicar como existem dificuldades em fornecer terapias adequadas às doenças mapeadas, os professores-pesquisadores apropriaram-se de discursos como: “é muito grande nosso genoma, [...] não basta ter uma estruturazinha, um gene mapeado [...]. O gene não é uma entidade, não são estruturas que funcionam sozinhas.” (CITOLOGISTA), “sequenciar e encontrar o local do gene é muito fácil, o problema é conseguir mudar isso, [...], somos um organismo extremamente complexo, onde tudo está interligado, inter-relacionado (GENETICISTA B)”.

As afirmações preconizam um abandono lento, porém, progressivo sobre o determinismo genético (*categoria de ciência determinista*), e o início de valores baseados na complexidade e inter-relação genômica (*categoria de ciência complexa e multicausal*). Van Regenmortel (2004), entretanto, adverte que esse abandono não deve ser pautado em um holismo extremo e inviável,

o que se necessita são novas técnicas experimentais para investigar a complexidade única de sistemas biológicos que resulta da enorme diversidade de interações e redes regulatórias. Desenvolvimentos recentes em *microarrays* de alta performance, nanotecnologias, bioinformática e biologia de sistemas estão fornecendo os dados que os biólogos moleculares necessitam para simular o comportamento de redes e sistemas biológicos complexos (VAN REGENMORTEL, 2004, p. 1019).

Os indícios de uma sutil apropriação dessa perspectiva aparecem nos discursos de um bioquímico e um geneticista, ao relatarem que:

[...], podemos muito bem saber a causa, mas não temos a cura, pois **faltam mecanismos moleculares para mudar e isso talvez leve muito mais tempo**. De certa forma, na ciência, nem sempre todos os ramos andam de

modo sincrônico. Neste caso nitidamente, **podemos até identificar o gene**, estamos lá na frente, **mas não sabemos como alterar as conseqüências dele. Estamos mancando atrás de um cavalo puro sangue!** [...] (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

[...]A idéia inicial de que o nosso genoma seria um livro de tantas páginas, na qual estavam contidas todas as informações para tudo somente pelas seqüências, não é verdade! Isso é uma parte do livro da vida, a outra parte deste livro, ainda estamos tateando, procurando entender, que é como essas informações está sendo regulada. [...]. **Falta entender o mecanismo de regulação**, ou seja, será que os milhares de nucleotídeos, mesmo não sendo genes, não possuem uma relação com a regulação desses genes? **O PGH abriu uma porta importante, mas com o genoma não conseguimos elucidar tudo**. Pelo contrário, trouxe a baila novas questões. A chave do entendimento deste livro é a regulação da expressão desse gene, o que liga e desliga e como o ambiente interfere nisso. [...] (GENETICISTA E, grifo nosso).

Todavia, essa concepção dá margens à idéia de que, apenas instrumentos melhores seriam o suficiente para o entendimento dos mecanismos gênicos, o que ainda demonstra valores deterministas, pois se pauta em melhores tecnologias para desvendar o que se encontra no material genético. Entretanto, Silverman (2004), afirma acreditar que, mais do que novas técnicas experimentais, a biologia necessita de um novo modelo de funcionamento celular com espaço para incertezas e indeterminação, acrescentando ser preciso que as crenças longamente alimentadas sejam repensadas.

Nessa perspectiva, vale destacar as unidades de significado do filósofo da ciência, que em uma percepção próxima a Silverman (2004), afirmou que o material genético “não é um manual de instrução, e sim uma rede de influências, [...] um sistema complexo”. Nas suas palavras:

Falta ainda a construção de práticas de modelagens que sejam modelagens hierárquicas, que tratem os fenômenos biológicos pelo menos em três níveis [...]. Essa é minha visão sobre o rumo pelo qual poderíamos caminhar com a pesquisa! Agora, isso é muito mais o estabelecimento do tamanho do desafio do que uma promessa de resposta! **Porque aprendemos desde o século XVII a fazer experimentos, somos bons em fazer experimentos, mas o experimento é por definição o método que me leva do todo para a parte, porque depende de você separar variáveis para poder controlá-la** [...] (FILÓSOFO DA CIÊNCIA, grifo nosso).

Essas afirmações se encontram na perspectiva de Silverman (2004) em acreditar que “uma reavaliação da doutrina do determinismo genético, acoplada a uma nova mentalidade da biologia de sistemas, poderia ajudar a consolidar e esclarecer os dados na escala do genoma, capacitando-nos a finalmente colher as recompensas dos projetos de seqüenciamento do genoma” (SILVERMAN, 2004, p. 32, tradução nossa).

Na seqüência, os entrevistados foram questionados sobre o fato de acreditarem ser possível *computar* um organismo tendo o conhecimento das bases de seu DNA. O contexto utilizado para lançar essa pergunta, foi a afirmação de um dos maiores biólogos moleculares em declarar cinquenta anos atrás que se tivesse um computador suficientemente poderoso e a seqüência do DNA de um organismo, “poderia computar esse organismo” (LEWONTIN, 1997, p. 98). Atualmente, neste século, vive-se uma época de grandes avanços na área computacional e também na área da engenharia genética.

Essa questão retoma novamente um dos pontos melindrosos da genética molecular, a relação entre a propulsão de expectativas que emergiam a partir da década de 1950-1960 com as pesquisas em desenvolvimento e as novas expectativas direcionadas pela genética após o PGH e o seqüenciamento. O discurso necessário nessa questão assenta o professor-pesquisador diante dos conhecimentos apropriados para a sua formação do conceito de gene, revelando suas noções sobre possíveis anomalias em uma visão física e a retomada de uma visão instrumental.

Os entrevistados revelaram acreditar não ser ainda possível computar um organismo, justificando que: “[...] A seqüência de nucleotídeos de um organismo é algo muito complexo, é uma coisa muito imbricada [...]. O gene não é uma entidade única sozinha” (CITOLOGISTA), outros ainda revelaram acreditar que, ainda “falta entendermos a relação com o meio. [...]. Não adianta você querer estudar só o DNA, o genoma, pois muitas vezes é o ambiente que está interferindo naquele genoma. São muitos fatores atuando” (GENETICISTA B). Apareceram afirmações também de que “falta conhecimento de muitas relações intermoleculares. [...], entretanto poderão ainda ser realizadas algumas terapias, mas não ao ponto de entender tudo” (ZOOLOGISTA F).

Esses discursos revelam por parte de alguns, o descrédito de que seja alcançado todo o entendimento almejado pela genética, enquanto em outros, a concordância em que seja necessário um novo percurso para a genética, voltado para as complexas inter-relações entre gene e o ambiente (*categoria de ciência complexa e multicausal*). Nessa perspectiva, ainda que não seja o melhor caminho desprezar o conceito de gene, é preciso enfrentar a questão de sua imprecisão (NEUMANN-HELD, 2001 *apud* Leite, 2007).

Outros discursos também expressaram valores categóricos semelhantes, ao afirmar que o seqüenciamento representou apenas uma parte exaustiva do processo, demonstrando ainda, que a relação entre genoma e ambiente não podem ser mensurados somente pela seqüência.

[...]. **O que temos são seqüências, até agora o que se fez basicamente foi verificar as proteínas que temos e identificá-las nos genes lá, [...].** Mas pouca coisa nova foi feita no sentido inverso: pegar seqüências e ver o que essa seqüência significa lá [...], falta tecnologia [...] (BIOQUÍMICO, grifo nosso).

[...] estamos muito longe. [...], não temos muitas informações da influência do ambiente no funcionamento desse genoma [...]. **A resposta da interação do indivíduo com o ambiente não pode ser entendida somente pela seqüência.** Somente pela seqüência **não somos muito diferentes do camundongo.** [...] (GENETICISTA E, grifo nosso).

[...]. O sistema vivo trabalha com informação difusa, informação em paralelo, então não tem como fazer isso! Esse projeto parte de uma perspectiva no meu entender equivocada em relação aos organismos que **foca toda a informação no nível do DNA, no máximo aceita que o RNA tem informação e proteína por ser derivada do DNA** (FILÓSOFO DA CIÊNCIA).

Diante das posições salientadas nessas discussões, não restam dúvidas da importância da epigenética, para a compreensão das regulações gênicas. Entretanto, o grande desafio está no fato de que, enquanto é possível fazer varreduras de um genoma, não é possível a mesma pretensão com a epigenética:

Não se pode medir a modificação do DNA por metilação; [...]. Considero que o meio pelo qual o ambiente interage com o genoma é via modificação epigenética do genoma. [...], se quisermos entender a causa real da doença e só olharmos para os genes ou para as mutações de genes, penso que só estaremos considerando metade da história. Podemos fazer isso muito eficientemente – mas temos de considerar a outra metade (TUMA, 2002 *apud* LEITE, 2007, p. 98).

Possivelmente, a epigenética seja um dos caminhos para a compreensão das interações entre genótipo e fenótipo dos organismos. A ressalva realizada por um dos entrevistados, de que o seqüenciamento genômico do camundongo é semelhante ao do '*homo sapiens*', revela dois pontos a serem destacados: primeiro, a lição de humildade para a espécie, diante de tantas semelhanças genotípicas com os demais organismos, considerados como inferiores; e em segundo o fato que, diante de um seqüenciamento tão próximo, a resposta das peculiaridades estaria em uma complexa rede entre gene e possíveis ativações e silenciamentos, ainda não compreendidos pela ciência, onde a epigenética poderia ser um dos campos de acesso.

Nesse panorama, cabe destacar que, o conceito de gene, baseado em entidade uma física e determinista perde suas forças, entretanto, não significa que deva ser desprezado, mas repensado. Inicialmente alguns autores, entre eles Keller (2002), mencionou acreditar que o

conceito pertencia ao século XX, sendo posteriormente empregado somente pela necessidade prática entre os pesquisadores. Outros apostam em uma reformulação, como Neumann-Held (2001 *apud* Leite, 2007), que propôs uma reformulação no que nomeou de ‘conceito processual-molecular de gene’ (*process molecular gene, ou PMG*), reunindo os processos de transcrição e tradução:

“Gene” é o processo (isto é, o decurso de eventos) que interliga o DNA com todas as outras entidades não-DNA relevantes na produção de um polipeptídeo [*molécula composta por uma única cadeia de aminoácidos; proteínas são formadas por uma ou mais dessas cadeias*] particular. O termo *gene*, nesse sentido, designa os processos que são especificados por (1) interações específicas entre segmentos específicos de DNA e entidades específicas não-localizadas em DNA, (2) mecanismos específicos de processamento dos mRNAs resultantes em interações com outras entidades não-localizadas em DNA. Esses processos, na sua ordem temporal específica, resultam (3) na síntese de um polipeptídeo específico. Esse conceito de gene é relacional e sempre inclui a interação entre o DNA e seu ambiente (NEUMANN-HELD, 2001, p. 74 *apud* LEITE, 2007, p. 128).

Leite (2007), afirma acreditar que um conceito como esse (PMG) tem pouco caráter operacional, mencionando também as dificuldades de sua representação em forma de diagramas e esquemas tridimensionais em artigos científicos. Entretanto, a conclusão mais pautável desse debate, não se trata de menosprezar e prescindir imediatamente o conceito de gene, mas de repensar a sua posição na genética, não o privilegiando como o único componente a armazenar toda a *informação* e a deter todo o *controle* do processo de desenvolvimento do organismo (LEITE, 2007), talvez o gene ao invés de assumir tantos papéis na genética, ocupe somente uma personagem instrumental, como sugerido no início do século XX.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos históricos acerca das concepções filosóficas que permearam a ciência revelaram o quanto sua construção epistemológica recebe influências histórico-sociais. Tais aspectos demonstram que para compreender o presente momento científico, requer rever seu passado histórico, uma vez que o relato dos historiadores traz consigo os ingredientes sociais e circunstanciais que interferiram nos rumos da construção científica.

O primeiro Capítulo deste trabalho buscou observar por meio do retratamento histórico, as concepções filosóficas e, por conseguinte, os valores que influenciaram a consolidação da Ciência Moderna a partir da Revolução Científica. Entre tais valores, se destacou uma visão de ciência linear de ‘causa-efeito’, embasada nos testes empíricos, como forma de legitimação da ciência. Essas características fomentaram nos ramos da ciência, como a genética, a proliferação de concepções deterministas e reducionistas moleculares, muitas vezes incentivadas pela mídia científica, a qual nas palavras de Bubela & Caulfield (2004, p. 1404) “podem inadvertidamente ser colaboradores cúmplices na exageração sutil de reportagens de ciência”. Para Leite (2007), a mídia tornou-se canal de propagação de representações eivadas do determinismo genético.

Intensificam-se no século XX manifestações céticas e críticas por parte de alguns autores das áreas sociais e filósofos da ciência em relação aos valores constituídos a partir da Ciência Moderna. Essas manifestações formaram o que alguns teóricos denominam de Paradigma da Ciência Contemporânea, uma vez que, a humanidade atravessa o momento histórico contemporâneo. Tais manifestações se levantaram como críticas aos valores da Ciência Moderna, como por exemplo, a linearidade cumulativa, enfatizando que devido a vários acontecimentos desencadeados pela própria ciência o atual momento seria embasado por valores de uma ciência complexa e dinâmica (LAMPERT, 2005; LYOTARD, 2006).

O segundo Capítulo desse trabalho, ao retratar a história da hereditariedade, se preocupou em identificar os valores que legitimaram sua construção. O que pode ser observado foi à presença de rupturas paradigmáticas em seu percurso, confirmando que, ainda que os cientistas trabalhem dentro dos valores de sua comunidade científica, é evidente a presença de crises paradigmáticas durante sua construção. Nesse aspecto, a história do conceito de gene revelou-se um forte aparelho de retratação de uma possível transição paradigmática.

No terceiro Capítulo, as Análises realizadas com os discursos de professores-pesquisadores evidenciaram a presença de concepções matizadas por valores de legitimação ao cientificismo, consolidado no início da Ciência Moderna, bem como a crença de uma construção linear e cumulativa da ciência. Nas questões pertinentes ao conceito de gene e as expectativas genéticas idealizadas pelo seqüenciamento gênico, se destacou tendências reducionistas, com o enfoque ideológico da neutralidade e objetividade, a qual valida o conhecimento científico alcançado por métodos experimentais, além da insistente presença do determinismo genético, percebida pelas atuais expectativas gênica.

Entretanto, deve ser ressaltada a presença de uma atenuação nas tendências reducionistas e deterministas nos discursos de várias questões. Esse fato pode ser observado principalmente em questões que pautavam a relação entre o gene e sua expressão fenotípica, o que revela indícios da percepção de uma possível complexidade e imprecisão envolvida no funcionamento entre genes e expressão, demonstrando a possibilidade de rupturas na concepção de ciência cumulativa.

Mayr (2008) ao defender a existência do progresso científico, afirma que “nem toda mudança de teoria em ciência é uma evidência de progresso” (MAYR, 2008, p. 119). Ou seja, a ciência avança, no entanto, tal fato não justifica que isso aconteça de forma linear, sem rupturas e ingênuas. Kuhn (1974) ressalta que, embora o desenvolvimento científico seja produtivo, a educação científica continua a ser uma iniciação relativamente dogmática a uma tradição pré-estabelecida de resolver problemas. Ora, as comunidades científicas trabalham dentro de seus paradigmas e buscam resoluções de problemas para os quais possuem maior habilidade de resolução, funcionando seu paradigma vigente como dogmas e lentes para observação do mundo.

Tais constatações demonstraram que grande parte das lentes vigentes em pesquisadores pautam-se nos valores da Ciência Moderna, revelando que tal concepção ainda está arraigada à cultura científica contemporânea (ZAMBIASI, 2006). Entretanto, alguns discursos sinalizaram a presença de valores contemporâneos, baseados nas inter-relações complexas entre informação e características dos organismos. As manifestações discursivas a cerca do conceito de gene revelaram indícios desses valores. Mas será que tais indícios servem como confirmação da possível instalação de um novo paradigma para esse conceito?

Apesar do conceito de gene apresentar rastros de rupturas e crise, de acordo com Morin (1990; 1991) uma mudança paradigmática é lenta, exigindo o colapso de toda uma estrutura de idéias. Entretanto, no que se refere ao gene, percebe-se que para os pesquisadores

empíricos que trabalham com conceitos operacionais, o conceito tradicional ainda preenche suas necessidades.

Diante dessas afirmações, será que o conceito de gene atravessa uma crise paradigmática, ou apenas algumas anomalias? Possivelmente, no momento atual, esse conceito requeira apenas “algumas emendas conceituais”, o que não significa que ocorrerá uma ruptura paradigmática, ou seja, não se trata de abandonar o conceito, mas de repensá-lo (KELLER, 2002; EL-HANI, 2007). Nessa perspectiva, a permanência do conceito se sustentaria a partir da mudança de entidade real para uma entidade abstrata.

Ora, se tais indícios não necessariamente representam uma queda paradigmática no conceito de gene, será que as manifestações de valores pautados na complexidade e multicausalidade sinalizam o surgimento de um novo paradigma, ou conjunto de valores na ciência? Será que o momento atual representa uma transição paradigmática dos valores modernos para o contemporâneo?

Autores como Latour (2000), sugerem que, provavelmente o momento represente apenas um sintoma contemporâneo em uma ciência ainda moderna, ou seja, um movimento de manifestações críticas aos valores da ciência instaurada na Idade Moderna. Isto é, assim como o conceito tradicional de gene ainda responde às necessidades, os valores da Ciência Moderna ainda funcionam para grande parcela das pesquisas atuais.

Nessa perspectiva, a forte presença dos valores da ciência moderna nos discursos científicos revelou-se como vestígios de que, os discursos regidos nos valores de complexidade multicausal da ciência sejam apenas indícios de manifestações críticas a um paradigma ainda dominante nessa sociedade.

## REFERENCIAS

ALLEN G. E. Thomas Hunt Morgan and the problem of sex determination, 1903-1910. *Proceedings of the American Philosophical Society*, n. 110, p.48-57, 1966.

ANDRADE, J. A. R. **Bacon: vida e obra**. Em Bacon (Coleção Os Pensadores). São Paulo: Editora Nova Cultural, 1999.

ARANHA, M.L.A.; MARTINS, M.H.P. **Filosofando: introdução à filosofia**. São Paulo: Moderna, 1993.

\_\_\_\_\_. **História da educação e da pedagogia: geral e Brasil**. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2006.

ARAÚJO JORGE, M.M. **Da epistemologia à Biologia**. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

ARAÚJO, A. M. O salto qualitativo em Theodosius Dobzhansky: unindo as tradições naturalista e experimentalista. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 3: 713-26, 2001.

ARISTÓTELES. **Organon IV: analíticos posteriores**. Tradução P. Gomes. Lisboa: Guimarães, 1987.

ARRUDA, J. J. A. **História antiga e medieval** (11ª ed.). São Paulo: Editora Ática, 1989.

ALTHUSSER. Marxismo e Humanismo. In: **Análise Crítica da Teoria Marxista**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1963.

ALTHUSSER, L. Aparentes ideológicos do estado. Presença, Lisboa, 1974.

AUTHIER-REVUZ, J. Hétérogénéité montrée et hétérogénéité constitutive: éléments pour une approche de l'autre dans le. *DRLAV – Revue de Linguistique*, Paris, n°26, p. 91 –15, 1982.

\_\_\_\_\_. Heterogeneidades enunciativas. In: Cadernos de Estudos Lingüísticos, n° 19, p. 25-27. Campinas: Unicamp, 1990.

\_\_\_\_\_. Palavras incertas – As não coincidências do dizer. Campinas: Unicamp, 1998.

AVERY, O.T.; McLEOD, C.M.; McCARTY, M. Studies on the chemical transformation of pneumococcal types. *J. Exp. Med.* (79): 137-158, 1944.

AYERS, M. **Locke**. São Paulo, Editora UNESP, 1999.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACON, F. **Novum Organum ou Verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. Coleção Os Pensadores. São Paulo: Editora Nova Cultural, [1620] 1999.

BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. Tradução Michel Lahud e Yara Frateschi Vieira. São Paulo: Editora Hucitec, 1990.

\_\_\_\_\_. **Estética da criação verbal**. Tradução de Maria E. Galvão Pereira. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1997.

BARATA, Germana; GUIMARÃES Maria. Genes e a Compreensão de Ser Humano. ComCiência: **Revista Eletrônica de Jornalismo científico**. Disponível em: <http://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=8&id=56>. Acesso em: 03/07/2007.

BARRETO, J.E.; MOREIRA, R. V. **O problema da Indução - O Cisne Negro Existe**. Fortaleza: Autores – Faced/UFC, 1993.

BASTOS, F. Construtivismo e Ensino de Ciências. In: Roberto Nardi (org). **Questões atuais no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, 1998, pp. 09-25.

BATESON, William. Experiments in plant hybridization. [Journal of the Royal Horticultural Society, vol. 26, 1901] In: PUNNETT, R. C. (ed.). **Scientific papers of William Bateson.**; New York: Johnson Reprint, 1971[1928]. vol. 2, pp. 1-3.

\_\_\_\_\_. The Progress of Genetic Research. In: **Third International Conference on Hybridization and Plant Breeding**, London: Royal Horticultural Society, 1906, pp. 90-97.

BAZARIN, J. **O problema da verdade**. São Paulo: Círculo do Livro, 1982.

BEADLE, G.W. e TATUM, E.L. Genetic control of biochemical reactions in Neurospora. **Proc. Natl. Acad. Sci.** 27: 499-506, 1941.

BECK, Maurício. Heterogeneidades: Efeitos políticos de uma apropriação teórica. Trabalho apresentado na 1ª Jornada Internacional de Estudos do Discurso (JIED) em março de 2008.

BEHRENS, M.A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Curitiba: Champagnat, 2003.

BELLO, A.A. **Introdução à fenomenologia**. Bauru, SP: Edusc, 2006.

BENDER, J. DNA METHYLATION AND EPIGENETICS. Annu. **Rev. Plant Biol** (55):41–68, 2004.

BERKELEY, G. Tratado Sobre os Princípios do Conhecimento Humano. Coleção Os Pensadores, trad. de Antônio Sérgio. São Paulo: Abril Cultural, 1973.

\_\_\_\_\_. **Philosophical Works**. Edição: Michael R. Ayers. London, Everyman, 1975.

\_\_\_\_\_. Instrumentalismo e Explicação Científica. In: *De Motu* [versão inglesa 1951]. Tradução Marcos Rodrigues da Silva. **Scientiae Studia**. São Paulo, v.4, n° 1, pp. 101-114, 2006.

BETZHOLD, H.H. **Eugenésia**. Buenos Aires, [s.n.], 1941.

BIZZO, N. M.V. **Ensino de Evolução e História do Darwinismo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo: 1991.

\_\_\_\_\_. **História da Ciência e Ensino: onde terminam os paralelos possíveis?** Em Aberto, v. 11, n. 55, p. 29-35, jul./set. 1992.

\_\_\_\_\_. **O paradoxo social-eugênico, genes e ética**. Rev. USP, (24):28-37, dez-fev, 1994-1995.

BLANC, M. **Os herdeiros de Darwin**. São Paulo: Editora Scritta, 1994.

BLACK, E. **A guerra contra os fracos**. São Paulo: A Girafa Editora Ltda, 2003.

BOGDAN, R; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editor, 1991.

BOVERI, T. Über mehrpolige Mitosen als Mittel zur Analyse des Zellkerns. **Verh. phys.-med. Ges.** 35: 67-90, 1902.

BRADLEY, Jana. **Methodological issues and practices in qualitative research**. Library Quarterly, v. 63, n. 4, p. 431-449, Oct. 1993.

BRAGA, M; GUERRA, A; REIS, J. C. **Breve História da Ciência moderna**, volume 2: das máquinas do mundo ao universo-máquina. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2004.

BRENNER, S. *et al.* Genes and development: molecular and logical themes. **Genetics** 126: 479-486.

BUBELA, T.M., CAULFIELD, T.A. Do the PrintMedia “Hype” Genetic Research? A Comparasion of Newspaper Stories and Peer-Reviewed Research Papers. **Canadian Medical Association Journal**, v. 170, n. 9, p. 1399-406, abr. 2004.

BURNS, G.W.; BOTTINO, P.J. **Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1989.

BURKE, Z. D.; TOSH, D. . Therapeutic potential of transdifferentiated cells. **Clinical science (London)**, 108 (4): 309-321, 2005.

CAMPOS M. C. C; NIGRO R.G. **Didática de Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: TD, 1999.

CANFORA, L. **A Biblioteca desaparecida: histórias da biblioteca de Alexandria**. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

CAREGNATO, R.C.A; MUTTI, R. Pesquisa Qualitativa: Análise de Discurso versus Análise de Conteúdo. **Texto Contexto Enfermagem**: Florianópolis out-dez; 15(4): 679-84, 2006.

CASTAÑEDA, L.A. As idéias de herança de Darwin: suas explicações e sua importância. **Revista da SBHC**, nº 11, p. 67-73, 1994.

\_\_\_\_\_. **Caracteres adquiridos: a história de uma idéia**. São Paulo: Scipione, 1997.

CARNEIRO, M. H. da S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CARVALHO, M.C.M. **Construindo o saber – Metodologia científica: fundamentos e técnicas**. 6 ed. Campinas, SP: Papirus, 1997.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Ed. Brasiliense: São Paulo, 1993.

CHASSOT, A. **A Ciência através dos Tempos**. São Paulo: Editora Moderna, 2ª ed. 2004.

CHAUÍ, M. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Editora Ática, 2000.

CHAUTARD-FREIRE-MAIA. E. A. Aspectos polêmicos da Teoria Sintética da Evolução. **SBPC – Ciência e Cultura**. 42 (5/6): 360-368. 1990.

COSTA, L. C. & MELLO, L. **História antiga e medieval**. São Paulo: Editora Scipione, 1993.

COCK, A. William Bateson, Mendelism, and biometry. **Journal of the History of Biology**, v. 6, p.1-36, 1973.

COLEMAN, W. **Biology in the nineteenth century: problems of form, function, and transformation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1977.

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, nº 3, pp. 43-82, 1998.

DANHONI NEVES, M. **“O que é isto a ciência?”: um olhar fenomenológico**. Maringá: EDUEM, 2005.

\_\_\_\_\_. O Estagirita. **Revista UNIFAMMA**, Maringá, v. 5. nº 1, p. 9-29, nov. 2006.

DARTIGUES, A. **O que é fenomenologia?**. São Paulo: Moraes, 1992.

DARWIN, C. **Origem das espécies**. Tradução Eugênio Amado. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Universidade de São Paulo, 1985.

DE VRIES, H. The Evidence of Evolution. **Science** 23: 395-401, set.1904.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. Tradução E.M. Marcelina. São Paulo: Ática, 1989a.

\_\_\_\_\_. **Regras para a direção do espírito**. Tradução J. Gama. Lisboa: Edições 70, 1989b.

DIAS CORREIA, J.H.R. Alguns aspectos funcionais do epigenoma, genoma e transcriptoma nos animais. **Revista eletrônica de Veterinária**, v. VIII, nº 10, 2007.

DULBECCO, R. **Os genes e o nosso futuro**. Tradução Marlena Maria Lichaa. São Paulo: Best Seller, 1997.

DURKHEIM, E. Educação e Sociologia. São Paulo: Melhoramentos, 1975.

EAGLETON, T. *Ideologia*. São Paulo: Edições UNESP, 1997.

EL-HANI, C.N. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, 30(2): 297-307, 2007.

EMMECHE, C; EL-HANI, C.N. Definindo Vida. In: Charbel Niño E-Hani e Antonio Augusto Passos Videira (orgs). **O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000, pp.31-58.

ENGLES, L. Feuerbach e o fim da filosofia alemã clássica. In: Marx & Engels. **Obras Escolhidas**. vol. III. Lisboa: Edições Avante, 1985.

FERREIRA, R. **Watson & Crick : A história da descoberta da estrutura do DNA**. São Paulo: Odysseus Editor, 2003.

FEYERABEND, P. **Contra o Método**. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1977.

\_\_\_\_\_. **Adios a la Razón**. Madrid: Tecnos, 1987.

\_\_\_\_\_. **La ciencia en una sociedad livre**. Buenos Aires: Paidós, 1988.

\_\_\_\_\_. **Límites de la ciencia**. Buenos Aires, Paidós, 1991.

\_\_\_\_\_. **Against Method**. Londres: New York, 1993.

FOUCAULT, M. **História da Sexualidade I – A vontade de Saber**. Rio de Janeiro: Graal, 1977.

\_\_\_\_\_. **A arqueologia do saber**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1997.

\_\_\_\_\_. **As palavras e as coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

FREIRE-MAIA, N. **Gregor Mendel – Vida e Obra**. São Paulo: Editora T. A. Queiroz, 1995.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. Tradução Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. Ribeirão Preto: 2a ed., Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992. 646p.

GARCIA, Eloi S. Epigenética: além da seqüência do DNA. **Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**. Disponível em [HTTP://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=30541](http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=30541) Acesso em: 03/07/2007.

GATTÁS, G. J. F. et al. Genética, biologia molecular e ética: as relações trabalho e saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**. v. 1, n° 7, 2002.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2ª. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GOULD, S. J. **Lance de Dados: a idéia de Evolução de Platão a Darwin**. Rio de Janeiro: Record, 2001.



GRABOWSKI, P. J.; Seiler, S. R.; Sharp, P. A. A multicomponent complex is involved in the splicing of messenger RNA precursors. *Cell*, 42: 345-353, 1985.

GRIFFITHS, A.J.F; MILLER, J.H; SUZUKI, D.T; LEWONTIN, R.C. **An Introduction to Genetic Analysis**. 5ª ed. W.H. Freeman, New York, 1993.

\_\_\_\_\_. et al. **Introdução à genética**. Tradução de Paulo Armando Motta. 6. ed. Rio de Janeiro: G. Koogan, 1998.

GROSS, F. **Os segredos do gene**. Tradução Ana Sampaio. Lisboa: Dom Quixote, 1991.

HARRISON, R.G. Embriology and its relations. *Science*, n. 85, p. 369, 1937.

HAUSMANN, R. **História da biologia molecular**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1997.

HEGENBERG, L. **Dicionário de Lógica**. São Paulo: EPU, 1995.

HENIG, R.M. **O monge no jardim: o gênio esquecido e redescoberto de Gregor Mendel, o pai da genética**. Tradução Ronaldo Sérgio Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

HENRY, J. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Tradução Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

HENRY, J. J. The cellular and molecular bases of vertebrate lens regeneration. *International review of cytology*, (228): 195-265, 2003.

HIRATA, S.; SHODA, T.; KATO, J.; HOSHI, K. Isoform/variant mRNAs for sex steroid hormone receptors in humans. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 14 (3): 124-129, 2003.

HORTA BARBOSA, L. H. **História da Ciência**. Rio de Janeiro: IBBD (Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação), 1963.

HUME, D. **Investigação sobre o entendimento humano**. Tradução: João Paulo Monteiro. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 2002.

HULL, D. **Filosofia da ciência biológica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

JACOB, F; MONOD, J. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. *Mol. Biol.* (3): 318-356, 1961.

JACOB, F. **A lógica da vida**. Tradução J.J. Serrano e M. J. Palmeirim. Lisboa: Publicações Dom Quixote Ltda, 2ª edição, 1985.

\_\_\_\_\_. **O rato, a mosca e o homem**. Tradução Maria de Macedo Soares Guimarães. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

JAPIASSÚ, H; MARCONDES, D. **Dicionário Básico de Filosofia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1991.

JUDSON, H.F. Talking about the Genome. *Nature*, v. 409, nº 6822, p. 769, 15 fev., 2001.

KEHL, R. **Lições de Eugenia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Canton & Reile, 1935.

KELLER, E. F. **The century of the gene**. Ed, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 2000.

\_\_\_\_\_. **O Século do Gene**. Belo Horizonte: Editora Crisálida, 2002.

KLUG, W. S.; CUMMINGS, M. R. **Concepts of Genetics**. New Jersey: Prentice Hall, 5ª ed. 1997.

KNELLER, G. F. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: EDUSP, 1980.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectivas S.A, [1962] 1998.

\_\_\_\_\_. A função do dogma na investigação científica. In: DEUS, J.D. **A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1974, pp. 45-75.

\_\_\_\_\_. Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa?. In: Imre Lakatos e Alan Musgrave (orgs). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. Quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965. Tradução Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix Universidade de São Paulo, 1979, pp. 5-32.

LALANDE, A. **Vocabulário Técnico e Crítico de Filosofia**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1996.

LAMPERT, E. **Pós-modernidade e conhecimento: educação, sociedade, ambiente e comportamento humano**. Porto Alegre: Sulin, 2005.

LATOUR, B. (2000). *Jamais fomos modernos: ensaios de antropologia simétrica*. Rio de Janeiro, Editora 34.

LEITE, B. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. **São Paulo em Perspectiva**, vol. 14, nº 3, p. 40-46, 2000.

LEITE, M. **Promessas do Genoma**. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

LEWONTIN, R.C. Gene, Ambiente e Organismos. In: Robert B. Silvers. (orgs.). **Histórias Esquecidas da Ciência**. Tradução Gilson César Cardoso de Sousa. São Paulo: Editora Paz e Terra S.A, 1997, pp. 93-109.

\_\_\_\_\_. **A Tripla Hélice**. Tradução José Viegas Filho. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

LYOTARD, J.F. **A condição pós-moderna**. Trad. Ricardo Corrêa Barbosa. 9ª edição. Ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2006.

LOCKE, J. **Ensaio Acerca do Entendimento Humano**, São Paulo, Nova Cultural, 1997.  
LURIA, S.E. **Vida: experiência inacabada**. São Paulo: Itatiaia, 1979.

MAGEE, B. **As Idéias de Popper**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1973.

MAI, LD; ANGERAMI, E.L.S. Eugenia negativa e positiva: significados e contradições. **Rev Latino-am Enfermagem**, março-abril; 14(2):251-8, 2006.

MARTINS, J.; BICUDO, M.A.V. **Estudos sobre existencialismo, fenomenologia e educação**. São Paulo: Moraes, 1983.

\_\_\_\_\_. **A pesquisa qualitativa em psicologia: fundamentos e recursos básicos**. São Paulo: Moraes/Educ. 1989.

MARTINS, J. **Um enfoque fenomenológico do currículo: educação como poésis**. São Paulo: Cortez, 1992.

MARTINS, L.A.C.P. O Papel da Geração Espontânea na Teoria da Progressão dos Animais de J.B. Lamarck. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência** (11): 57-65, 1994. Disponível em: <http://ghct.ifi.unicamp.br/pdf/lacpm-03.pdf>. Acesso em: 01.08.2008.

\_\_\_\_\_. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. **Epistème. Filosofia e História da Ciência em Revista** 2 (3): 33-54, 1997. Disponível em: <http://ghct.ifi.unicamp.br/pdf/lacpm-07.pdf>. Acesso em: 01.08.2008.

\_\_\_\_\_. Did Sutton and Boveri propose the so-called “Sutton-Boveri chromosome hypothesis?”. **Genetics and Molecular Biology** v. 22, n° 2, p. 261-271, 1999a.

\_\_\_\_\_. Willian Bateson: da evolução à genética. Porto Alegre: **Epistème**, 8: 67-88, 1999b.

\_\_\_\_\_. Bateson e o Programa de Pesquisa Mendeliano. Porto Alegre: **Epistème**, 14, p. 27-55, 2002.

\_\_\_\_\_. August Weismann e evolução: os diferentes níveis de seleção. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 53-74, 2003.

MAYR, E. **The Growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance**. London: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

\_\_\_\_\_. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Brasília: Editora UNB, 1998.

\_\_\_\_\_. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo**. Tradução Cláudio Ângelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MCVITTIE, B. Epigenetics: We tend to think of our genetic information as being encoded in DNA – in our genes. **Science in School**. Issue 2: Summer 2006. Disponível em: <http://www.scienceinschool.org/repository/docs/issue2epigenetics.pdf>. Acesso em: 28/09/2008.

MENEGHETTI, R. O realismo e o idealismo: focalizando o conhecimento matemático. In: MARTINS, R.A.; MARTINS, L.A.C., P; SILVA, C.C.; FERREIRA, J.M.H. (eds). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro*. Campinas: AFHIC, 2004, pp. 371-377.,

MEYER, D.; EL-HANI, C.N. **Evolução: o sentido da vida**. São Paulo: Editora UNESP, 2005

MICHEL P.H. A Ciência Helênica. In: MICHEL P.H, BOURGEY L, BEAUJEAU J, BLOCH R, ITARD J, TATON R. (orgs.). História Geral das Ciências: Tomo I A Ciência Antiga e Medieval. 2º volume: **As ciências no mundo greco-romano**; Tradução de Ruy Faustove Gita K. Ghinzberg. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1959, pp.12-94.

MOLES, A. **A criação científica**. Tradução Gita K. Guinsburg. São Paulo: Perspectiva, 1981.

\_\_\_\_\_. **As ciências do impreciso**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995.

MOORE, J.A. Science as a way of knowing – Genetics. *American Zoologists*, 26: 583-747, 1986.

MORAES, M.C. **O paradigma educacional emergente**. Campinas: Papirus, 1997.

MORENTE, M.G. **Fundamentos de Filosofia**. São Paulo: Mestre Jou, 1970.

MORGAN, T.H. Chromosomes and heredity. *American Naturalist*, n. 44, p. 449-96, 1910a.

\_\_\_\_\_. Sex limited inheritance in Drosophila. *Science*, (32): 120-122, 1910b.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 2. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

\_\_\_\_\_. **O método: 4. As idéias**. Lisboa, Mira-Sintra, Europa-América, 1991.

MULLER, H.J. Artificial transmutation the gene. *Science* (66): 84-87, 1927.

OLIVA, A. Kuhn: o normal e o revolucionário na reprodução da racionalidade científica. In: Vera Portocarrero (orgs). **Filosofia, História e Sociologia das Ciências: abordagens contemporâneas**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002, pp. 67-102.

OLIVEIRA, T. H. G.; SANTOS, N. F. dos; BELTRAMINI, L. M. O DNA: uma sinopse histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, nº 1, p. A1-A16, 2004. Disponível em: <http://www.sbbq.org.br/revista/viewpdf.php?artigoId=110>. Acesso em: 08.03.2009.

OMNÈS, R. **Filosofia da Ciência Contemporânea**. Tradução Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora Unesp, 1996.

PAPAVERO, N. **História da Biologia Comparada: desde o gêneses até o fim do Império Romano do Ocidente**. 2ª. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2000.

PEREIRA, L. da V. **Seqüenciaram o genoma humano e agora?.** São Paulo: Moderna, 2001.

PÊCHEUX, Michel. *Semântica e discurso: uma crítica à afirmação do óbvio*. Tradução Eni Orlandi. Campinas: UNICAMP, 1988.

PERELMAN, C. **O Império Retórico – Retórica e Argumentação**. Lisboa: Edições ASA, 1993.

POPE, C; MAYS, N. Reaching the parts other methods cannot reach: an introduction to qualitative methods in health and health service research. *In: British Medical Journal*, nº 311, 1995, pp.42-45.

POPPER, K.R. **A lógica da pesquisa científica**. Editora Cultrix e EDUSP: São Paulo, 1975.  
 \_\_\_\_\_. A ciência normal e seus perigos. In: Imre Lakatos e Alan Musgrave (orgs). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. Quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965. Tradução Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix Universidade de São Paulo, 1979, pp. 63-71).

\_\_\_\_\_. **El desarrollo del conocimiento científico: conjeturas y refutaciones**. Buenos Aires: Paidós, 1983.

\_\_\_\_\_. **Autobiografia intelectual**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1986.

\_\_\_\_\_. **Em Busca de um Mundo Melhor**. Trad. Teresa Curvelo. 3ª edição. Ed. Lisboa: Editorial Fragmentos, 1992.

PRETTO, N. D. L. **A Ciência nos livros didáticos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1985.

PRICE, D. S. **A Ciência desde a Babilônia**. Tradução Leônidas Hegenberg e Octanny S. da Mota. (Coleção O homem e a ciência vol.2). Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1976.

PROVINE, W.B. *The origins of theoretical population genetics*. Chicago: The University of Chicago Press, 1971.

RADL, E.M. **Historia de las teorías biológicas: desde Lamarck y Cuvier**. Alianza Universidad, Madrid: 1988.

REALE, G. **História da Filosofia. O Positivismo**. São Paulo: Paulus, 1981.

RÉGIS DE MORAIS, J.F. **Ciência e tecnologia: introdução metodológica e crítica**. Campinas: Papyrus, 1983.

REGNER, A.C.K.P. Feyerabend/Lakatos: “adeus à razão” ou construção de uma nova racionalidade?. In: Vera Portocarrero (orgs). **Filosofia, História e Sociologia das Ciências: abordagens contemporâneas**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002, pp. 103-132.

RENEKER, M. H. **A qualitative study of information seeking among members of na academic community: methodological issues and problems**. *Library Quarterly*, v. 63, n. 4, p. 487-507, Oct. 1993.

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, 2000.

RORTY, R. Pragmatismo, filosofia analítica e ciência. In: *MARGUTTI PINTO, P. R. Filosofia analítica, pragmatismo e ciência..* Ed. Belo Horizonte: UFMG, 1998.

ROBERTS, L. Controversial from the start. *Science*, v. 291, n. 5507, p.1182-1188.

RONAN, C.A. **História Ilustrada da Ciência**. Universidade de Cambridge. Tradução Jorge Enéas Fortes. São Paulo: Jorge Zahar Editores, 1987. v. I, II, III e IV..

SAGAN, C. **O Mundo Assombrado pelos Demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

SANDLER, I e SANDLER, L. On the origin of Mendelian genetics. Symposium on Science as a Way os Knowing – Genetics. **Annual Meeting of the American Society of Zoologists, Baltimore**, pp. 753-768, 1985.

SCHRÖDINGER, E. **What is life?** New York: Cambridge University Press, 1946.

SENTIS, P. La naissance de la génétique au début du XX siècle. *Cahiers d'études biologiques* (18): 73-85, 1970.

SEVCENKO, N. (1984). **O renascimento**. Campinas: Editora Atual.

SINGER, C. **Historia de la Biologia**. Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1947.

SMITTH, L. D. Knowledge as power: The baconian roots of Skinner's social meliorism. Em L. D. Smith & W. R. Woodward (Orgs.), B. F. **Skinner and behaviorism in American culture** (pp. 56-82). Bethlehem: Lehigh University Press, 1996.

SILVER, B. L. **A escalada da ciência**. Tradução de Arno Blass. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003.

SILVERMAN, P. R. Rethinking Genetic Determinism. *The Scientist*, v. 18, n.10, p. 32-3, maio, 2004.

SOUSA SANTOS, B. **Um Discurso sobre as Ciências**. Porto: Edições Afrontamento, pp.01-22, 1988.

\_\_\_\_\_. A Construção de um Insulto. *Revista: O Expresso*, 23.03.2002, disponível em: <<http://www.ces.fe.uc.pt/opiniaio/bss/045.php>>. Acesso em: 23.07.2009.

SPENCER, H. Principles of Biology, 2 vols. In: *The works Herbert Spencer*, 21 vols. Osnabrück: Otto Zeller, v. 2-3,1966-67.

STRATHERN, P. **Crick, Watson e o DNA: em 90 minutos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

STROHMAN, R. Maneuvering in the complex path from genotype to phenotype. *Science*, v. 296, n. 5568, p. 701-3, 26.abr.2002.

STUART, K. D.; Schnauffer, A.; Ernst, N. L.; Panigrahi, A. K. Complex management: RNA editing in trypanosomes. *Trends in biochemical sciences*, 30 (2): 97-105, 2005.

SUTTON, W.S. On the morphology of the chromosome group in *Brachystola magna*. *Biol. Bull.*( 4): 24-39, 1902.

SUZUKI, D. **Introdução a genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas, 2006.

TURELLI, P.; TONO, D.Editing at the crossroad of innate and adaptive immunity. *Science*. 307 (5712): 1061-1065, 2005.

VAN REGENMORTEL, M.H.V. Reductionism and Complexity in Molecular Biology. *EMBO Reports*, v.5, n.11, p.1016-20, 2004.

VIEIRA, L.G.E. Organismos geneticamente modificados: uma tecnologia controversa. *Ciência Hoje*, vol. 34, nº 203, p. 28-32, abril de 2004.

VOGEL, F; MOTULKY, A.G. **Genética humana – problemas e abordagens**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

WADDINGTON, C.H. **The strategy of the genes**. London: George Allen & Unwin Ltd, 1957.

WALLACE, B. **A busca do gene**. Tradução e revisão Francisco A. de Mora Duarte, Luiz Maurício da Silva , Elsie Ortega Rossi. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2002.

WATSON, J.D.; CRICK, F. A structure for desoxyribose nucleic acid. *Nature* (171): 737-738, 1953.

WATSON, J. D.; BERRY, A. **DNA: o segredo da vida**. São Paulo: Companhia das letras, 2005.

WOLFFE, A.P.; MATZKE, M.A. Epigenetics: regulation through repression. *Science*, v. 286, n. 5439, p. 481-6,15.out.1999.

ZAMBIASI, J.L. Do racional-positivismo ao construcionismo científico. In: Paulo Marcelo Marini. (org). *Ensino de Ciências: Pesquisas e Reflexões*. Ribeirão Preto: Holos, 2006, pp.68-83.

ZATZ, M. Projeto Genoma Humano e Ética. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo: v. 14, n. 3, p 47-52, 2000.

## ANEXOS

### ANEXO 01

#### QUESTÕES SEMI-ESTRUTURADAS UTILIZADAS DURANTE AS ENTREVISTAS

- 1) Ao longo da década 1990 e primeiros anos do século XXI, os avanços biotecnológicos advindos da tecnologia do DNA recombinante, que permitiu manipular a molécula de DNA, desencadearam uma grande comoção pública, principalmente no que se refere ao PGH.
  - a) Quais eram as suas expectativas na época em que o PGH foi lançado e durante seu desenvolvimento?
  - b) E quais eram, a seu ver, as expectativas da população em geral?
  - c) Você considera que conclusão do PGH atendeu a essas expectativas iniciais?
  - d) Para você, quais são as conseqüências relevantes, tanto positivas quanto negativas, dos resultados do PGH publicados no ano de 2004?
- 2) Watson e Crick na década de 1950 propuseram o modelo dupla-hélice para o DNA. Seus trabalhos materializaram o gene ao evidenciá-lo como moléculas constituídas de ácidos nucléicos. O advento da engenharia genética, na década de 1960 e 1970, fortaleceu a visão de um código genético universal para os mais variados organismos. No seu entender as descobertas recentes advindas do PGH e pós genômica, têm contribuído para cristalizar ou provocar rupturas neste conceito?
- 3) No desenvolvimento do PGH surgiram muitas metáforas, como por exemplo, a de se referir ao DNA como o “Livro da Vida”, atribuindo-se ao PGH a função de desvendar os mistérios contidos nesse livro. Você acredita que as características de um indivíduo podem ser atribuídas diretamente à informação contida na seqüência de DNA?
- 4) Um dos aspectos relevantes do PGH e das pesquisas realizadas após este evento científico é o fato de colocar em choque muitos dos conceitos estabelecidos até então, como por exemplo: um gene-uma proteína; gene como um trecho de DNA que codifica proteínas. Como você conceituaria o que é gene hoje?
- 5) Muitos estudiosos, pensadores, consideram que estamos vivenciando um determinismo tecnológico, mas com diferentes nuances do determinismo racial da década de 1940. Você acredita realmente que estamos vivendo este determinismo tecnológico, e em que difere do passado eugênico racial?



- 6) Com a conclusão do PGH e as tecnologias disponíveis no campo da genética, observa-se no final do século XX e no século corrente, a identificação de vários genes “causadores de doenças”. Um fato que ilustra tal afirmação ocorreu em um jornal de grande veiculação, em que foi apresentada uma reportagem sobre o mapeamento genético do enfarto, traçado pela USP e pelo Instituto Dante Pazzanese, em 13/02/2009. O cardiologista entrevistado afirmou que “essa descoberta vai possibilitar o entendimento do mecanismo de geração do enfarto [*sic*]; é como se a gente dispusesse de manual de instrução de como um paciente enfarta”. Relatou ainda acreditar que “num futuro próximo cada paciente com enfarto do miocárdio ao adentrar num serviço de emergência terá seu sangue coletado para rapidamente ser mapeado seus genes. E a partir desses genes mapeados será escolhido a terapêutica ideal para cada paciente.”
- a) Você acredita que isto será possível? Explique.
- b) Se o mapeamento genético funciona como um “manual de instruções”, por que há dificuldades em fornecer tratamentos médicos às doenças mapeadas?
- 7) Ainda neste contexto, cinquenta anos atrás um dos maiores biólogos moleculares declarou que se tivesse um computador suficientemente poderoso e a seqüência do DNA de um organismo, “poderia computar esse organismo” (JACOB *apud* LEWONTIN, 1997, p. 98). Atualmente, neste século, vivemos uma época de grandes avanços na área computacional e também na área da engenharia genética. Você acredita ser possível computar um organismo tendo o conhecimento das bases de seu DNA?
- 8) Jacob (1998, p. 91) retrata a biologia como uma ciência que “conhece ciclos de humor, com períodos de otimismo seguidos de períodos de depressão.” Para o autor, os períodos de otimismo corresponderiam ao advento de uma teoria nova, de uma maneira inédita de considerar os seres vivos e seu funcionamento. Ao passo que as depressões resultariam das frustrações experimentais quando, após um período de experimentação da teoria nova, nos deparamos diante de um muro. Nesta perspectiva e considerando-se as expectativas direcionadas pela engenharia genética, qual ciclo representaria nitidamente o momento atual, século XXI, para a genética biomolecular? Quais acontecimentos te possibilitam esta visão?
- 9) A ciência moderna nasceu e se desenvolveu segundo a “concepção de um saber especulativo baseado sobre um critério de verdade”, buscando em uma nova teoria uma representação definitiva da realidade. Porém, Jacob (1998) cita uma afirmação de Victor Hugo (William Shakespeare, Paris, 1864, p.39 *apud* Jacob, 1998, p.111), em que diz: “A ciência é a assíntota da verdade. Ela aproxima sem cessar e não toca nunca”. Na trajetória da ciência quais fatos você acredita ilustrar esta afirmação?

## ANEXO 02

## TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS COM OS PROFESSORES-PESQUISADORES

**Transcrição da Entrevista A**

1a)

O projeto genoma?

É você já tinha uma boa visão do que era o PGH, uma boa idéia.

Assim, eu não tinha muitas expectativas.

Eu acho que as minhas expectativas chegaram ao ponto que chegou mesmo, que o projeto chegou.

Que ele não veio para elucidar grandes coisas. Que ele veio até para abrir novas áreas.

Mas, as conseqüências dele, produto dele, a gente não têm uma grande coisa, acho que o cientista esperou muito do projeto.

Mas o resultado não é o que o cientista esperou, ele não é.

Agora o que aconteceu com o projeto: outras coisas foram subsidiando, foram saindo, isso que é o mais importante. Daí a gente tem o proteoma que acho que é um ponto muito importante que está acontecendo, que poderá dar mais respostas.

Porque aquele bando de letrinhas ACTG, né. A gente ficou meio perdida, porque são seqüências que a gente nem sabe pra que codificam. Você só tem uma idéia e os números e tamanho. E até algumas surpresas como o genoma humano, que é tão grande, tão grande e tem tão pouca informação em vista do tamanho.

Então eu não esperava nada mais do que isso mesmo.

Eu esperava o que: que os resultados dele seriam para abrir novas áreas, novas linhas porque as respostas não seriam obtidas através do genoma.

1b)

Eu acho que a população, o conhecimento é tão pequeno que...tão pouco que se conhece e se sabe do que é genoma. Aliás, se você perguntar o que é genoma, eles não vão nem saber o que te dizer do que é genoma.

É, eu acho que eles estão meio iludidos, eles não sabem o que aconteceu (*rindo*), eles não sabem te dar uma resposta. A gente não pode responder as expectativas deles. Porque a gente não tem nem idéia.

Até uma coisa interessante é você, não sei se você está fazendo, uma entrevista com a população também.

É, a população. Colocar inserido dentro do seu trabalho alguns grupos leigos mesmo, que não tem conhecimento de nada. Para saber qual é a visão. Porque, a meu ver eles não tinham expectativas nenhuma, como uma série de coisas.

As vezes você sai assim faz uma série de perguntas, e você fica assim, meu Deus!

Transgênicos: quando você fala de transgênicos todo mundo tem um pavor, um medo!

Mas quando você vai lá ao conceitual, vai saber que ele está tendo um preconceito, alguma coisa, mas não tem informação nenhuma.

Então é difícil dizer qual era a expectativa do genoma para a população leiga e se aconteceu alguma coisa que eles esperassem. É difícil!

1c)

Eu acho que sim. Porque todo cientista tinha idéia de que ele não conseguiria responder grandes coisas ou grandes perguntas.

Ele respondeu o que se esperava mesmo, tanto que em cima desse projeto já foram surgindo os outros projetos, os quais todo mundo já imaginava que seriam complementares mesmo, que aí poderiam trazer outras respostas.

Eu acho que foi um começo! Para mostrar assim: olha a gente consegue seqüenciar, a gente consegue conhecer a informação genética de vários organismos.

E daí, a partir disso é que a gente vai começar obter os resultados. Começar poder interpretar. Poder pensar. Foi um início mesmo, a expectativa de todo mundo acho que era essa, dá o primeiro passo, ter uma idéia. E mostrar: olha a gente é capaz de fazer, então tem outras coisas que a gente pode buscar para respostas maiores.

1d)

De todos os genomas você está falando? De qual genoma? De forma geral?

É você tem a cana, a *xylella* (*bactéria causadora de doença no citrus*), você tem um monte de outros organismos que forma seqüenciados.

O ponto é o investimento que se fez, abriu uma grande porta de financiamento. A estrutura de financiamento acreditou. Então hoje em dia, temos laboratórios muito bem montados, seqüências feitas. Juntou-se gente do mundo inteiro, não só do Brasil, mas do mundo todo envolvidos dentro de projetos genoma.

Acho que foi isso, essa montagem de laboratórios e de equipes. Porque agora em cima disso, é que você vai assim, decifrar todo o resultado desse seqüenciamento que vai demorar anos ainda, pra gente ter esse resultado.

Mas o mais importante é a montagem de laboratório, as formações de grupos de pesquisa, isso é o mais importante o mais relevante. E as idéias que foram surgindo, porque você tem um problema para resolver e quando você vai resolvendo esse problema você vê que ele não te dá muitas respostas. E aí você vai tendo alternativas, e essas buscas e alternativas que foram desencadeando novos projetos, novas idéias.

Isso é o que ficou de mais importante e relevante: os grupos, os laboratórios montados, as novas idéias e as novas propostas.

2)

Os conceitos iniciais são a base!

E eu acredito neles (impostação da voz – com autoridade).

Acredito nessas bases.

Todos os trabalhos que saíram até hoje foram pedrinhas que foram sendo adicionadas, organizadas para uma montagem maior.

A ciência tem isso de interessante, ninguém faz nada sozinho, sempre precisa de um ponto de partida.

O ponto de partida foi lá atrás Mendel, Watson e uma série de pesquisadores.

Cada um foi adicionando sua pedra, e hoje com toda essa biotecnologia, bio-informática, com tudo isso, não veio para romper nada, veio para acrescentar e responder coisas que não podiam ser respondidas lá atrás.

Mas conceitos que já eram importantes.

Nada está sendo rompido! Está sendo acrescido, está sendo aumentado, fundamentado.

3)

Eu acho.

Você tem uma seqüência de nucleotídeos e essa seqüência de nucleotídeos, de forma regulada, organizada, vão determinando como vão sendo as características do indivíduo.

Claro que você tem toda uma combinação, quando você pensa em genoma: você tem seqüências codificadoras, seqüências regulatórias, não codificadoras, e que evolutivamente elas permaneceram. Imagine quantos anos! Vamos pensar no genoma humano: quantos anos o homem está na terra e a gente tem todas essas seqüências permanentes ainda.

Então acho que é um conjunto de seqüências que funcionam de forma conjunta.

De seqüências que não funcionam e que determinam como as codificadoras funcionam e aquelas que organizam. Aquelas que não codificam para nada, mas estão determinando distâncias das regulatórias, as distâncias das codificadoras e dizendo como é que elas vão funcionar. Produzindo os RNAs, os RNAs estruturais, os catalíticos, produzindo proteínas que vão regular outros genes, proteínas que vão determinar as estruturas das células.

Determinar como a célula vai responder ao ambiente, como vai se comportar e como as reações bioquímicas acontecerão dentro dela.

E, a meu ver como é nosso conceito de gene?

Eu tenho uma seqüência de nucleotídeos. Essa seqüência de nucleotídeos codifica para uma seqüência de RNA: catalítico, estrutural ou para uma cadeia polipeptídica, que pode ser até alternativa, em função dos splicing alternativos.

Então, imagine a dinâmica que é isso. Logo esse é o conceito que a gente tem: seqüência de nucleotídeos até um produto final funcional: que é uma proteína funcional ou um RNA funcional, catalítico.

4)

Quando eu fiz biologia, o meu professor de genética deu um conceito. Um conceito que me lembro muito bem do dia em que ele colocou o conceito no quadro: um gene -> uma cadeia polipeptídica.

Na época isso já tinha sido um avanço, porque antes era um gene -> uma proteína.

Que é o conceito de Beadle lá atrás. Eu já peguei: um gene -> uma cadeia polipeptídica.

Não acredito que foi o PGH ou pós-genoma, o conhecimento é algo contínuo.

Cada pedrinha que foi sendo adicionada antes e pós PGH foi acrescentando uma série de informações.

Hoje temos um conhecimento grande de como funcionam os RNAs, os snoRNAs que modificam os RNAs ribossômicos. Os snRNAs que estão envolvidos com os splicing e com a mudança de outros RNAs no núcleo.

Toda uma categoria de RNA catalítico que antes a gente nem conseguia pensar nessa molécula. E isso já está englobado no conceito de gene:

Então já temos: um gene -> um RNA catalítico, mas temos também os RNAs ribossômicos, RNAs transportadores, estruturais.

Também acrescento no conceito de gene: um gene -> um RNA estrutural.

E ainda tenho o que: um gene -> uma cadeia polipeptídica.

Que é o que aprendi. Só que hoje já temos genes idênticos em células de tecidos diferentes, que me dão produtos diferentes. E a gente conhece isso em função dos splicing alternativos, então: um gene-> uma cadeia polipeptídica alternativa.

Olha o conceito como ficou!

Agora o que seria o antes e o depois, não pode mensurar! Porque tudo isso foi sendo acrescentado a cada trabalho que foi sendo elaborado, a cada pesquisa que foi sendo feita.

Claro que tem muita contribuição do PGH.

Olha imagine só, se a gente tem um genoma tão grande, temos essa estrutura tão enorme. Tantas seqüências de nucleotídeos e saber que isso codificaria muito maior quantidade de informações do que realmente codifica.

Isso é um ponto muito importante.

Saber que o nosso genoma é tão grande, mas que existe uma grande quantidade de seqüências que não tem papel funcional nenhum. Não expressa nada. Ele está lá fazendo o quê? Só regulando ou só organizando esse genoma para que ele funcione.

Você tem também as seqüências que funcionam, são as codificadoras, que é o conceito de gene mesmo. O gene codifica alguma coisa, mas você tem as seqüências aonde às proteínas regulatórias vão se ligar a ela. São seqüências regulatórias, não são gênicas.

E as seqüências que não são codificadoras, que são norteadoras de como vai estar a organização do genoma: como é que a molécula do DNA vai estar dobrada, para permitir que uma proteína regulatória ou de organização se ligue, para facilitar a entrada de outras proteínas. Essas seqüências não codificadoras regulatórias não são genes.

Os genes são aqueles que codificam. Seqüências codificadoras.

5)

Eu acho que não (*pausa*).

Acho que, começamos um determinismo tecnológico há muito tempo (*risos*).

O momento não é esse. Têm pesquisas e tecnologias tão interessantes que foram desenvolvidas, mesmo sem você ter máquinas, enzimas.

Imagine o PCR. O primeiro PCR não tinha um termociclador, então tem que tirar o chapéu para quem fez a primeira abertura da molécula de DNA *in vitro* e conseguiu por uma TAC polimerase lá e amplificar a seqüência. Hoje temos uma facilidade muito grande. Temos uma estrutura de amparo muito grande.

O determinismo começou desde que alguém arregaçou as mangas e disse: vamos trabalhar, vamos elucidar e descobrir. Eu vejo o determinismo como algo bom.

Imagine quantas respostas a doenças gente tem. Quantas resoluções de problemas de agricultura. Eu tenho que acreditar na ciência!

Isso não começou agora, vem de muito tempo, desde que Mendel ficava lá cruzando suas ervilhinhas, e acreditava que havia uma estrutura informacional para determinar a forma, a cor, o preenchimento dos grãosinhos.

Ele queria uma resposta e a partir de muito tempo você vai alcançando.

Acredito que nem exista um determinismo, existem as buscas científicas, as respostas para você ir conseguindo melhorar a vida.

Eu quero acreditar que o cientista busca coisas que propiciem melhoras tanto para o ambiente como para agricultura e para a indústria. Sempre estamos em busca de algo que melhore nossa vida. Não acredito que seja um determinismo.

A ciência está imbuída de objetivos, e o objetivo é o quê? Melhorar a vida do ser humano.

Claro que tem as coisas que é muito assim: muito eu, eu consigo, eu posso! Mas tem os resultados positivos.

6a)

Tecnologicamente vai ser possível. O homem vai, vai e consegue.

Agora eu acho que a população não vai ter muito acesso a isso.

Cada dia mais observamos que a saúde pública está deteriorada.

E vai conseguir isso quem tem dinheiro para pagar essa tecnologia.

Porque já é outro problema, um problema social. a ciência tem muito a oferecer, mas o investimento é muito pequeno. E a passagem dessa informação para todo mundo não acontece.

É um problema social, um problema político. não é um problema científico.

Tem muita coisa feita, descoberta, importante, que a população não tem acesso.

Nem tem e nem vai ter.

Porque existe um problema de sociedade, político mesmo na maioria dos países.

O tratamento é para quem tem dinheiro e tudo isso é caro.

Em outros países, Suíça, por exemplo, é tratado de outra maneira. Você entende, é uma política, uma política governamental.

O acesso terá quem deter dinheiro para pagar.

6b)

Olha quando você pensar em mapeamento gênico, pensa no nosso genoma.

Olha o tamanho do nosso genoma. É muito grande nosso genoma!

Então não basta ter uma estruturazinha, um gene mapeado para dizer para você: olha esse gene! O gene não é uma entidade. Não são estruturas que funcionam sozinhas.

Eles têm o quê? As seqüências regulatórias que estão juntas a eles determinado que funcionem.

Não adianta eu mapear fisicamente o gene, eu preciso de, além de mapeá-lo fisicamente, de localizá-lo no genoma, saber como ele funciona. Porque do lado dele tem uma seqüência de heterocromatina ou porque tem um DNA dobradinho de uma determinada forma.

Isso não é casual! A arquitetura do genoma determina como gene vai funcionar, e só mapear o gene não é possível saber como ele funciona. Tem toda uma estrutura.

Está caminhando para isso, estamos localizando fisicamente, tem lá o PGH determinando o que antecede e a seqüência desse gene.

A junção de todas essas informações é que vai me dizer: como é que essa seqüência, nessa posição funciona. Quando conseguirmos alojar a seqüência de nucleotídeos, determinado pelo genoma humano, por exemplo, está próximo de um gene. Daí a gente vai começar nesse gene funcional.

Gene como entidade física só, é complicadíssimo.

Temos que entender o que determinado gene está fazendo naquela posição, por que está entre aquelas seqüências e aí você conseguirá entender.

É preciso uma junção de informações, ainda falta bastante.

Por isso disse que o PGH não veio elucidar nada, veio para colocar mais uma pedrinha, que será somada com outras informações de outros projetos que estão vindos: projetos de mapeamento, de proteoma.

Acho que está perto, estamos no caminho, mas ainda falta tempo.

Não é de hoje para amanhã, é quando começarmos pensar no que? Em integrar.

Como foi o que disse de vantagem do PGH: um trabalha com uma seqüência, outro com outra e vamos tendo que somar essas informações, esses conhecimentos.

Para no futuro ter o gene mapeado e saber como ele funciona.

7)

Não, falta bastante!

Falta toda a integração, porque o genoma (*não terminou a frase*).

A seqüência de nucleotídeo de um organismo é algo muito complexo, é uma coisa muito imbricada, é coisa de Deus mesmo (*risos*)!

A gente está tentando decifrar essa obra, porque não é só uma seqüência tem toda uma arquitetura, comportamento, inter-relação molecular de proteína.

O gene pode também sofre interferências, claro que sim.

Olha qualquer chegada de proteína. A proteína pode ser uma influência externa.

A ligação de uma proteína diferente pode permitir um dobramento diferente em uma molécula de DNA, e as proteínas que trabalham no funcionamento desse gene pode não reconhecer, reconhecer ou super expressar.

O ambiente nuclear é todo predisposto a um funcionamento, e a variação que esse ambiente pode sofrer determinará como o gene se expressará, quando irá se expressar.

O gene não é uma entidade única sozinha. Aquela seqüência de nucleotídeos: você tem as histonas ligadas a ele, as não histonas. Tem as proteínas que modificam o estado das histonas.

Ora estão metiladas, ora estão desmetiladas, ora estão acetiladas, fosforiladas, defosforiladas.

Você tem toda uma dinâmica. Imagine a maquinaria da célula trabalhando nessa dinâmica organizacional da molécula de DNA.

Isso não é por acaso, então qualquer entrada de moléculas ali dentro.

Só de pensar nisso já dá uma alucinação. Só de pensar nas proteínas que estão associadas na modificação de histonas e isso irá determinar como o DNA vai se expressar, você imagina qualquer entrada externa ou participante nesse meio pode interferir no funcionamento.

8)

De otimismo.

Tem tanta coisa nova acontecendo!

Você tem genomas decifrados, proteomas rodando, mapeamentos super importantes. Entre no ISIS (institute for science and international security), coloque uma palavra chave e veja a quantidade de artigos que você encontra.

É uma massa, um monte de informações, cada um colocando sua pedrinha.

Acho que por muitos anos não vamos viver depressão, porque tem tanta coisa nos últimos anos que entraram e estão alicerçando nosso conhecimento. Que temos pedrinhas para erguermos o muro por muito tempo e não batermos com a cara nele.

Para responder o que buscamos.

O enfarte mesmo, quanto conhecimento se tem, mas não chegamos ao final.

Agora isso não é motivo para depressão. É motivo para pensarmos que estamos no caminho, que temos que buscar o conhecimento e que temos que ir resolvendo estes problemas.

Ainda não encontramos o topo do muro, que é o que? A cura, o diagnóstico.

Mas com tantas pesquisas, estamos vivendo é um momento de otimismo e bom humor.

9)

Concordo.

O homem está sempre na busca, então nunca vai tocar, graças a Deus.

Nunca vamos topar com a cara no muro que sempre terão várias coisas para buscarmos!

Vários conhecimentos para alcançarmos.

Quanta problemática, oh, pensa no genoma. Todo mundo achava que e ele seria a solução de tudo. E na verdade, ele veio para quê?

Para dar novas idéias, novas perspectivas, mas não resolveu nada. Só mostrou os caminhos: pega por aqui, vai ali, etc. Vamos amarrando e formando a teia!

## Transcrição da Entrevista B

1a)

Parecia que seria muito demorado, mas que iria resolver muitos problemas genéticos.

Principalmente em relação às síndromes genéticas e mutações gênicas.

Parecia que iríamos ver muita coisa, principalmente à solução de problemas humanos.

Durante o desenvolvimento do projeto, eu pelo menos fui perdendo as expectativas. Porque aquilo começou a demorar, a metodologia era difícil.

Parece que ele não deslanchava e aquilo foi demorando e as minhas expectativas foram diminuindo.

1b)

Pensando em termos de Brasil, uma boa parte da população não tinha nem idéia do que era o PGH. Não tinham muita noção.

Talvez acreditasse que iria curar uma série de doenças, alguma coisa assim. Mas não tinham muita idéia do que era. O projeto ficou mais a nível científico do que da população em geral.

1c)

Eu acredito que não (respondeu rápido).

Na verdade ele surgiu antes da década de 1990.

O PGH surgiu na década de 1980, só que na década de 1980 não havia metodologia.

Ela deslanchou depois de 1984/85 quando se desenvolveu a técnica da PCR.

Foi aí que o PGH começou a deslanchar e outras metodologias foram surgindo.

O PGH não atendeu as expectativas iniciais, na verdade depois que se seqüenciou o genoma (*não terminou a frase*).

Com todos os problemas, todas as dificuldades, o PGH ajudou muito no sentido de melhorar a tecnologia do desenvolvimento de novas técnicas moleculares.

Foi uma explosão que tivemos em termos de técnicas moleculares, mas na expectativa que se tinha não alcançou.

Você seqüenciou todos os nucleotídeos, mas não sabe para que ele serve.

Então agora você terá um trabalho enorme (com enfoque na palavra enorme – exaustão) para tentar descobrir onde estão esses genes agora. Tanto que se mudou muito em relação a quantidade de genes que se tem no genoma.

Antes de terminar o PGH imaginou-se que tínhamos cerca de 150.000 genes e hoje já se viu que temos uns 30.000.

A quantidade é muito menor do que se imaginava!

Com a maturidade que foi se adquirindo, mudou muito as idéias quanto ao genoma.

1d)

Não consigo detectar pontos negativos.

Na realidade, na ciência de forma geral está tudo seqüenciado, está tudo lá.

Você sabe no livrão do ser humano, o que está escrito nele.

A gente não sabe ler esse livro ainda! Não sabemos ler.

É como se tivéssemos um livro de receitas enorme e não soubéssemos ler.

Então aos poucos a gente vai apreendo.

Porque em relação às doenças humanas, temos em torno de 4.000 doenças humanas conhecidas.

Agora que conhece os genes, se tem muito menos do que isso. Talvez você conheça um pedacinho, trecho dos genes e em alguns casos se consiga ler.

Então alguns trechinhos desse livro a gente consegue ler!

Ao longo do tempo a gente vai chegar lá, vai conseguir fazer a leitura toda, mas isso demanda tempo e muito trabalho, é uma coisa muito trabalhosa.

2)

Fortaleceu. Claro!

Inclusive o próprio PGH, tudo o que você faz hoje é utilizando essa idéia que foi proposta na década de 1950, e isso não foi modificado.

Porque na verdade você sabe ali considerando a estrutura das moléculas de DNA, como é essa estrutura.

A gente sabe hoje como cortar essa estrutura, como religar. Pois daí tem os transgênicos e toda essa questão de manipulação do DNA.

O que a gente ainda não consegue nesse nosso livro, o nosso genoma, é olhar para ele e saber onde *(não terminou a frase)*.

Porque o gene, são pedacinhos, são algumas unidades, essas 30.000 mil unidades que temos espalhado só que está espalhado em todo o genoma.

Então o que ainda não conseguimos é saber onde eles estão. Para quê?

Para saber, olha aquela pessoa tem lá uma doença genética e ela teve uma mutação nesse gene aqui, nesse ponto. É isso que a gente não consegue fazer.

Mas o dia em que você souber que ele teve aquela mutação.

Quiçá nessa época consigamos tirar, arrumar. E isso também é um sonho que é difícil ainda.

Mas acho que o objetivo final é mais ou menos esse. Mas aí vamos conseguir detectar onde está e como vamos chegar nisso?

Usando essa proposta da década de 1950 de como é a estrutura do gene, como é a molécula.

3)

Depende de qual característica do indivíduo.

Na verdade sabemos que, temos algumas de nossas características que estão diretamente ligadas a esse DNA, ao material genético.

Outras parcialmente e outras não estão.

Porque você tem a influência do ambiente.

Portanto é variável, e é muito complicado você dizer que estão todas ligadas.

Existe também uma influência externa.

Se você olhar lá nos livros de genética os trabalhos, isso está muito bem mostrado.

Inclusive você tem uma área hoje chamada de epigenética *(falou de forma compassada)*.

Está área trabalha com as características, os fenótipos que tem outras forças atuando na expressão dele que não as genéticas.

4) Nossa *(pausa)*.

Bem hoje, o conceito de gene:

Ele é uma unidade que você tem lá no genoma responsável pela expressão de um peptídeo.

Exatamente isso, pela expressão de um peptídeo, porque esse peptídeo pode ser uma enzima, uma proteína que não tem atividade enzimática.

Mas ele pode ser ainda parte de uma proteína e não uma proteína inteira, e pode ser uma proteína que nem vamos enxergar que irá atuar em outro gene.

Então acho que a melhor definição seria: unidade que codifica para um peptídeo.

Hoje sabemos que existem ainda os íntrons, e que tem íntrons que tem função. Então faz alguma coisa.

Eu acredito que isto esteja evoluindo, está mudando muito.

O DNA que você tem entre genes, também é complexo, oh: você tem DNA entre genes que até hoje não se achou nada, então não estão codificando esses peptídeos.

Mas você tem algumas regiões que são chamadas de pseudogenes.

A seqüência delas está próxima de um gene funcional.

Mas ele ainda não é um gene funcional ou não é mais funcional.

Pode ser que um dia ele seja ou que no passado já tenha sido.

Ou seja, será que aqui será um gene?



A idéia do gene é de que ele vai codificar uma seqüência que tem certa função. Logo o que você tem entre eles, se não está expressando nada, você vai dizer que ele não tem essa funcionalidade. É um DNA espaçador, alguma coisa assim.

5)

Olha, eu acho que a gente está vivendo sim uma época.

Porque se você imaginar, estamos vivendo o tempo todo essa pressão, ou diria pressão, mas influência ou da tecnologia da informática ou da eletrônica.

Toda essa questão biotecnológica, tudo precisa de uma técnica, acho que sim, sofremos essa influência.

Talvez ela não seja tão fácil de você enxergar como a da década de 40.

Ou talvez na década de 1940 as pessoas também não percebiam.

Porque quando você vive o momento você não percebe, não consegue ter idéia.

Daqui uns 20 anos talvez a gente consiga racionar melhor.

6a)

Eu acredito que sim.

Antes eu era mais cética, não acredita em algumas coisas, mas pensando em todas as tecnologias disponíveis creio que sim.

O que não sei é se essa tecnologia será acessível a toda população.

Se você observar nosso país, perceberá que uma minoria tem acesso a essas tecnologias, mas você tem uma gama enorme de pessoas que não tem.

Quem vai ser esse paciente que chegará lá será coleta o sangue para saber?

Será que aquela pessoa que fica lá na fila do hospital, que morre antes de ser atendido, terá o acesso?

Agora a tecnologia, acredito que a gente tenha. Já o acesso a ela se torna algo a ser discutido.

Fugi um pouco da genética e parti para o social. Mas é que acho que a tecnologia e todo esse benefício sem a sociedade compartilhar não tem sentido.

Deve haver uma tecnologia e as pessoas terem acesso.

6b)

Porque seqüenciar e achar onde está o gene é muito fácil.

O problema é você conseguir mudar isso.

Porque pensa: eu leio e vejo onde está o defeito, ele está ali, é aquela pequena parte que está defeituosa.

Agora você tirar aquela parte defeituosa e colocar uma boa ali, é o grande problema. Pois você deve fazer isso sem causar outros problemas para o indivíduo.

Se você imaginar que somos um organismo extremamente complexo, que tudo está interligado, inter-relacionado.

Você mexer num pontinho lá e pode bagunçar tudo. É o velho efeito borboleta.

E é muito difícil fazer isso. É brincar de Deus!

Este é o grande problema. Tanto que se você olhar a terapia gênica, você quase não houve falar dela, pois são poucas coisas, porque é muito complicado, o organismo é muito complexo, sem contar que você tem a variação individual.

O polimorfismo que existe em todos nós.

De repente aquela manualzinho que você tem lá não funciona tão bem para o outro indivíduo.

Com relação a essa questão das diferenças de cada um.

E esse risco existe mesmo em duas pessoas com o mesmo código genético.

Existe, pois você tem o imprintig genômico.

O pessoal não conhece muito bem e deve ter até outros mecanismos que não sabemos.

Mas você pode ter os dois códigos idênticos e pode ter algum outro processamento que não o genético naquela região que provoque uma diferença nesses indivíduos.

Tanto que gêmeos idênticos não são exatamente idênticos!

O código é o mesmo, mas eles não são exatamente idênticos, por conta dessas expressões.

7)

Ainda não é!

O que falta é entendermos a relação com o meio. Porque você tem alguma coisa que é imbricada, interligada com a outra.

Não adianta você querer estudar só o DNA, o genoma, o genoma, o genoma.

Porque muitas vezes é o ambiente que está interferindo naquele genoma.

Hoje você vê algumas coisas assim que: lá no desenvolvimento embrionário você já teve um fator externo que interferiu na expressão de um gene num dado momento que afetará o indivíduo lá na vida adulta.

Como lá na frente entender o que está acontecendo.

Às vezes você encontra umas situações muito complexas.

São muitos fatores que você tem atuando.

E graças a Deus! (*risos*)

8)

Complicado (*pausa*).

Dá impressão que estamos vivendo uma fase de otimismo, porque você tem mil coisas surgindo, aparecendo, modelos, e uma coisa ou outra talvez um pouquinho mais complicado.

No geral as coisas estão indo, andando. Creio que hoje o problema que temos que é difícil de analisar: há uma gama muito grande de áreas, de pessoas estudando e coisas muito diferentes.

Somos bombardeados pelas informações de todas as áreas, são muitas coisas.

Torna-se difícil falar de pessimismo se o tempo todo tem informações de algo sendo descoberto.

E até para o gene, eu diria que a fase ainda é de otimismo. Se você olhar, o pessoal continua descobrindo coisas, tentando. Em termos de câncer a quantidade de descobertas que você tem.

Não se conseguiu curar o câncer, mas se tem uma série de prevenções e informações. Estamos a um passo!

9)

A ciência está sempre avançando.

Mas hoje não concordo que a ciência detenha toda a verdade.

Se você imaginar o que era verdade há 100 anos atrás não é mais verdade hoje.

Como pode ser daqui a 50 anos tudo o que estamos falando agora cai por terra.

A ciência está sempre se modificando, sempre em evolução, caminhando, como um processo evolutivo. E cada momento quando aquilo não é mais real, condizente e não se consegue mais provar aquilo. Então cai por terra e começa de novo.

A ciência está sempre recomeçando. Esse é o objetivo: caminhar.

Você tem lá um determinado problema e você vai resolver baseado em uma determinada teoria. No entanto às vezes aquela teoria não funciona. Aquilo não está correto, tem alguma coisa que não bate e se recomeça novamente.

## Transcrição da Entrevista C

1a)

Eu sou bioquímico.

Então não encaro essas coisas como o público em geral.

Sou bem informado mesmo não sendo geneticista, porque como bioquímico tenho que ser bem informado.

O gene para mim nada mais é do que uma seqüência bases. É uma codificação química.

Agora muita gente achou. Os mais extremistas, por exemplo, que o PGH era contra Deus ou que poderia violar a ética isso ou aquilo. Eu não acho isso, acho uma coisa natural, um desenvolvimento natural. As minhas expectativas sempre foram às mesmas e foram justificadas pelos resultados, não haverá muitas conseqüências em curto prazo sabe, mas sim há muito longo prazo. Porque é muito difícil manipular o genoma de qualquer espécie. O que se fez até agora em espécies inferiores foi

introduzir aqui ou ali algum gene que se deixa introduzir. Mas manipular o genoma como um todo não é nada fácil.

Quimicamente com toda certeza vamos chegar lá, mas levará muito, muito tempo.

Então o PGH como diz um pesquisador do Ri de Janeiro: Isaías Brown, é apenas uma etapinha meio burra de todo o processo, dá uma trabalhadeira infinda é realmente o que nós temos é uma tabela.

Agora como nós vamos mexer nessa tabela e como vamos interpretar essa tabelinha que é enorme é outra história. Uma história para as gerações futuras, nem para mim que já estou no pau da viola e nem para sua que ainda está no início (*risos*).

1b)

Tenho impressão que a expectativa varia muito de acordo com o tipo e a classe social, tipo de instrução e ainda a religiosidade do indivíduo.

Afinal, em geral as religiões não gostam desse tipo de coisa. Eles não gostam desse tipo de coisa porque estraga seu comércio. Eles comerciam com a palavra de Deus, e como ali aparentemente está diretamente envolvido, mexer nesse lado da espécie humana, chegar perto da alma, provoca constrangimentos e temores terríveis. Em todas as religiões, tanto a igreja católica como de outras religiões. Então tenho impressão que as pessoas muito religiosas encaram isso com certo medo.

Tem outro grupo de pessoas que encaram isso com imenso otimismo: nós vamos curar tudo quanto é tipo de doença, vamos fazer isso, não sei o que, não sei o que.

O que também é infundável por enquanto, pelas questões que já falei antes, está realmente muito longe.

Mas a mídia gosta de insuflar este tipo de sentimento. Porque a mídia ou é muito pessimista ou muito otimista, e nesse caso demonstrou-se imensamente otimista.

Têm também aqueles outros que são pessimistas por natureza e encaram isso com medo.: meu Deus o que um espírito maligno qualquer, digamos um líder meio pirado tipo Hitler pode vir a fazer de posse desse tipo de coisa.

Mas acho tudo isso infundável, pois haverá o meio termo e apesar de tudo e de todas as besteiras que a humanidade tem feito, tenho a impressão que temos ficado no meio termo de bom senso e razoável. Não compartilho de nada disso e me mantenho no meio.

1c)

Creio que sim. Queria determinar seqüências e determinou. Mas isso é uma tarefa, vamos dizer técnica. Agora deve ser destacado que naturalmente quando propuseram isso que custou uma nota preta, devem ter feito muitas elucubrações, certamente.

Porque todo mundo que vai fazer um projeto de pesquisa tem que vender seu peixe.

Se ele tivesse dito nós queremos somente reconhecer as seqüências de bases de todos os genes humanos e tivesse dito apenas isso não teriam conseguido dinheiro.

Devem ter feito inúmeras elucubrações e tudo isso com certeza.

Dizer que expectativas eles tinham: era isso mesmo, nós vamos determinar as seqüências de todos os genes humanos e isso no futuro irá beneficiar a ciência tremendamente. Basicamente era isso só, no íntimo deles, íntimo deles.

Mas eles devem ter endossado a pílula sim, com certeza. Eu sei porque eu também faço isso com meus projetos. Todo mundo faz isso senão não vende. Porque quem libera o dinheiro são os políticos, e eles precisam de algo mais palpável do que a simples ciência dura, seca e sóbria.

1d)

Negativo acho que não, a não ser que os dados sejam mal usados.

Agora positivos que simplesmente temos essa seqüência e inúmeros outros dados sobre doenças metabólicas, por exemplo, e você pode ir lá e procurar exatamente onde estão, numa seqüência lógica.

Você pode também ir a busca de analogias e homologias e ver outras implicações. É algo útil sim, é algo tão útil quanto ter um dicionário, e na verdade é um dicionário onde você pode procurar coisas, enquadrar coisas e fazer relações, esse é um grande aspecto positivo.

2)

A estrutura foi determinada e está determinada e é aquela mesma.

O grande mérito do modelo de Watson e Crick é que também possibilitava explicar um mecanismo de repulsão, autoreplicação e fiel replicação, esse foi o grande mérito. Mas isso tudo continua de pé. Que o DNA é uma dupla hélice ninguém duvida até hoje, que é a seqüência que determina e compõe o próprio gene também continua, nada disso foi realmente abalado.

Está tudo de pé e na verdade o PGH é uma consequência daquele modelo, porque se não tivesse aquele modelo não teríamos feito isso, pura e simplesmente, ali não há grandes alterações. Uma coisa foi consequência da outra, foi um contínuo progresso.

3)

É claro. Tudo é determinado pela seqüência do DNA!

Claro que ao longo do desenvolvimento, como eu disse muitas seqüências são interpretadas. Algumas são reprimidas outras não são reprimidas e isso depende de uma série enorme de fatores. Mesmo gêmeos idênticos muitas vezes têm alguma sutil diferença, muitas vezes até por crescerem em ambientes diferentes.

Mas basicamente qualquer coisa que eu ou você sejamos, é determinada por aquela seqüenciuzinha. Seqüenciuzinha entre aspas porque é uma seqüência enorme.

Quanto a essa seqüência sofrer influência externa, não que ela vá ser modificada, mas acontece que a seqüência não é uma coisa estanque. Ela se relaciona com outras coisas, outros fatores e essa seqüência pode se expressar ou não, dependendo desses fatores.

Na verdade somos bilaterais e me lembro muito bem quando eu fazia meu doutorado na Alemanha, que havia uma turma lá que ficava dissecando camundongos. Essa turma estava estudando diferenças bilaterais. Muitas vezes num indivíduo um gene do lado direito se expressa e do lado esquerdo não.

O mesmo indivíduo pode ter até diferenças bilaterais porque os genes se expressam de maneira diferente.

4)

O conceito antigo de gene era um gene -> uma proteína, antes diziam um gene -> uma enzima, o que era uma grande bobagem, porque tem proteínas que não são enzimas, embora a maior parte seja.

Esse conceito, realmente não se pode mais dizer isso. Mas essa frase era uma frase feita e gostamos de frases feitas, pois são mais fáceis de entender. Obviamente essa frase não se sustenta inclusive se estou bem informado a maior parte do genoma não se sabe para que sirva. Talvez seja esse o grande desafio, saber para que serve.

Mas não sei se precisamos substituir essa frase que era meio bobinha, por outra frase, precisamos? Acho que não (*risos*).

Quanto ao gene, para mim entendo o que sempre foi: gene é uma determinada seqüência de DNA, apenas isso, que pode ter um significado real no organismo ou não, pode estar se expressando ou não. Para ser um gene esse trecho de DNA teria que ter uma função, ainda que em potencial, pode não estar se expressando.

5)

Não sei se estamos vivendo realmente um determinismo.

Estamos vivendo talvez um reducionismo, está tudo se reduzindo ao carbono, hidrogênio, isso eu acredito.

Não acredito em força vital, nada misterioso, eu só acredito nas moléculas, são elas que determinam tudo!

Neste sentido concordo que estamos vivendo um determinismo tecnológico.

Na década de 1920-1940 havia uma preocupação com uma eugenia, racial, um melhoramento da raça. É um melhoramento da espécie, e isso estava muito baseado nos trabalhos de melhoramento de plantas. Um dos expoentes disso, por sinal americano, vislumbrou a hipótese de se usar isso a “raça humana”, melhorá-la também.

O nazismo absorveu muito isso por estar ligada a busca da superioridade racial, basicamente da raça deles que por sinal é a minha, e não me vejo nem um pouco superior em relação a isso.

Isso me lembra a história do Mussolini que tinha essas idéias e quando viu um monte de argentinos nas cadeias italianas e loucos, disse: então vou mandá-los de volta para a Argentina e Perón disse:

desde que você receba de volta todos italianos malucos que temos aqui, e então não falaram mais nisso.

Agora a possibilidade de manipularmos o material genético é algo real. Nós não sabemos a direção que vamos tomar.

A humanidade já fez tanta estupidez nesse mundo, que pode muito bem achar que não deva mais nascer indivíduos coxos.

Você já deve ter ouvido falar do tal de “Zeitgeist” (*espírito do tempo*). É uma palavra alemã usada para determinar o que a humanidade pensa de tempos em tempos.

Por um determinado tempo aquilo era normal, era o “zeitgeist” da época. A partir do século XIX isso passou a ser execrável. Portanto, tem coisas que não toleramos hoje e no futuro poderão ser toleráveis. Por que não? Pode! Pode!

O próprio caso do homossexualismo que era algo intolerável está se tornando extremamente tolerável. Então o “zeitgeist” muda e pode ir para o bem ou o mal.

Pode ser que sejam consideradas como boas coisas que hoje execramos. Isso não dá para saber! E de qualquer forma não estaremos aqui para ver.

Acredito que esse determinismo surgirá na busca da conservação da vida, principalmente humana. Então desse ponto de vista será positiva sim. Mesmo que não temos a idéia de como isso será posto em prática e ainda que a forma como isso aconteça nos desagrade.

Mas ainda não sabemos, pois não podemos prever o “zeitgeist” das épocas vindouras.

Certamente os aspectos tecnológicos, principalmente ligados a manipulação gênica, ah vão interferir com toda certeza.

Já se clonaram algumas espécies: de gatinhos à ovelhas. Um dia acabarão clonando um indivíduo. E se isso acontecer posso te prever que acontecerá na Ásia.

Os asiáticos que estiveram na decadência alguns séculos atrás, mas apenas alguns séculos. Porque até 1600 eram uma grande potência ainda que não soubessem.

A potência chinesa está ressurgindo. Os asiáticos encaram a vida de uma maneira diferente dos cristãos.

Os cristãos têm aquele pensamento de que Deus criou a alma e os asiáticos não pensam assim. Para eles uma clonagem não tem o mesmo significado que para nós. Nem todos pensam com os mesmos conceitos éticos que s judaico-cristãos.

6a)

Eu acredito que isso será possível, só que a terapia ainda não existe.

Estamos vivendo um grande paradoxo. Podemos determinar o gene que dê a origem, o código, o sinal. Mas não temos condição de mexer com isso efetivamente. Nossa capacidade de interferência ainda é muito pequena.

6b)

Nós não temos ainda. Uma doença pode ser irreversível, teria que mudar, ou seja, voltar atrás no desenvolvimento do organismo. Você vai mudar o quê?

As vezes a estrutura já se degenerou em função daquele gene, você teria que substituir tudo.

Eu faço sempre uma analogia: tem gente que vai ao médico por qualquer coisa, ta louco para saber, eu já não sou tão louco assim.

Principalmente mulher, qualquer coisa vai ao médico, ta louca para saber se está com uma doença incurável. Para que saber? Não é necessariamente bom saber tudo.

Se for uma doença incurável o que você ganha com isso? Só angustia antecipada.

Mas voltando, nós podemos muito bem saber a causa, mas não temos a cura.

Faltam mecanismos moleculares para mudar e isso talvez leve muito mais tempo.

De certa forma, na ciência, nem sempre todos os ramos andam de modo sincrônico.

Neste caso nitidamente nós podemos até identificar o gene, estamos lá na frente, mas não sabemos como alterar as conseqüências dele. Estamos mancando atrás de um cavalo puro sangue.

Esse avanço não era necessário, podíamos ter descoberto com curar sem isso aqui, criou um descompasso e gerou um pouco de falta de expectativa com a história do genoma.

Assim como os astrônomos gostam muito disso.

Dêem-me uma rocha da Lua e eu decifro o mistério do universo.

7)

Nós não chegamos nesse ponto ainda. Simplesmente na temos condições de com base em uma seqüência prevê que organismos irá sair. Mas esse é o X da questão, por isso aquele Isaiás Brown do Rio de Janeiro disse que a etapa da seqüência era uma etapa burra, indispensável, mas bem burrinha. O que temos são seqüências, na verdade até agora o que se fez basicamente foi verificar as proteínas que temos e identificá-las nos genes lá, isso sim foi feito. Mas pouca coisa nova foi feita no sentido também inverso, pegar seqüências e ver o que essa seqüência significa lá, nesse sentido poucas coisas foram feitas.

Acredito que não tenhamos ainda essas condições, né.

O que falta para que consigamos isso?

Falta tecnologia para lidar com as coisas. E para isso, como sempre há proteínas envolvidas. Temos que conhecer mais sobre tudo de proteínas, sobretudo interações moleculares, para modificar suas ações e modificar suas ações de maneira melhor do que conseguimos até agora.

Existe um ramo da bioquímica que se chama química medicinal que lida com essas coisas, faz simulações, modelos tridimensionais em computador para entender melhor o funcionamento. Porque infelizmente a seqüência de DNA determina outro ente que a seqüência de proteínas.

Não resolve muito realmente saber quais genes estão envolvidos e em que ocasião mais cedo ou mais tarde, em um enfarto por exemplo. É preciso ver quais são as proteínas envolvidas e como agem para poder interferir molecularmente. Porque a nível molecular são coisas muito pequenas e muito misteriosas ainda para nós.

8)

Acredito que o pico de otimismo, já passou. Em relação ao que pudemos tirar do sequenciamento estamos descendo, não estamos mais no pico decididamente. Em contrapartida não estamos no fundo do poço também. E não acredito que chegaremos ao fundo do poço, logo teremos uma nova subida, agora estamos buscando desenvolver formas de aplicar aquilo e como poderemos inter-relacionar as seqüências.

Em relação ao PGH, o entusiasmo inicial já passou! Estamos mais sóbrios.

Na verdade é sempre assim, embora nem sempre haja muitos altos e bem baixos, há altos e baixos. Mas não é só nas ciências biológicas não, em vários ramos da ciência isso também acontece. Talvez os baixos estejam apenas colhendo os frutos do entusiasmo anterior, não sei. É muito difícil de analisar.

9)

Ah, uma assíntota que é quase paralela e nunca se torna paralela!!! (*pausa*)

Dizem que nunca vamos atingir a verdade, dizem, dizem. Talvez ela nem exista, mas você falou bem uma assíntota, está muito próxima e se só aproxime no infinito!

Mas qual é esse infinito, isso é muito especulativo, menina! (risos)

Não podemos imaginar quão foram às expectativas quanto ao funcionamento do organismo em 1900, não se sabia quase nada.

Mas você sempre especula, põe esperança!

Estamos fazendo a mesma coisa agora, de 1900 para o ano 2000, não temos a mínima idéia de como será no ano 2100.

Não dá para termos noção, pois não sabemos a direção que as coisas irão tomar.

Posso fazer uma pequena analogia com os perigos que rondavam Paris em 1900.

Era muito fácil prever: se o tráfego de carruagens e transporte de passageiros em Paris continuarem crescendo como estava em 1900, em breve Paris não saberia o que fazer com esterco de cavalo, você sairia de casa e já teria um monte de esterco de cavalos.

Não aconteceu isso, porque de repente apareceu algo completamente novo, que foi o automóvel. E eliminou os cavalos da paisagem parisiense.

Hoje estamos fazendo especulações sobre liberação de certos gases, pode ser que continue assim e pode acontecer algo novo.

Quero dizer com isso que é difícil fazer esse tipo de previsão. Agora se a humanidade caminha ou não perto de uma assíntota, seguindo uma assíntota e nunca conseguindo alcançá-la é bem provável. Mas puxa vida, estamos razoavelmente próximos!

## Transcrição da Entrevista D

1a)

O PGH e esse conjunto todo aí é algo extremamente complexo.

Tudo o que vou falar tem muito fortemente o que penso, ouço e trabalho.

Essa questão toda assusta até como você usou mesmo o termo comoção, assusta muito devido a falta de informação, a distorção daquilo que chega ao público.

Bom, em relação as minhas expectativas: primeiro que penso que ciência não é neutra.

Neste sentido o PGH é uma parte de um conjunto maior, complexo.

O que eu fico muito preocupado mesmo é com o que vem para o público e quanto às pessoas conseguem entender e a partir das fontes que chegam as pessoas.

Quais são as formas de divulgação disso.

Eu não vou falar nomes por uma questão de comercial, mas são aqueles famosos programas que passam no domingo à noite, aqueles programas da tarde e assim por diante, que não têm primeiro por ser meios de comunicação em televisão que tem forte carga na imagem e um tempo curta e conseqüentemente o não aprofundamento das questões chegam às pessoas nesse sentido.

O outro aspecto seria o seguinte: e daí voltando para a questão de que a ciência não é neutra.

Quais são os interesses que existem nesse sentido?

Nós os mortais provavelmente nunca saberemos.

Aos imortais que são aqueles da academia de letras; ao que é bi-imortal, pois é acadêmico da academia de letras e da portuguesa de letras, um ex-presidente da república que não vou chamar pelo nome, esse é bi-imortal.

Eu como sou mortal, creio que fico um pouco distante disso (*risos*).

Mas, olha, confesso que, precisaríamos saber, entender mais, e o que há por traz disso.

Voltando ao PGH, tive um misto de: sem dúvida tudo o que vem, que mexe com uma porção de coisas, evidentemente que a gente espera que deva contribuir positivamente com uma série de questões, problemas e limites, não só de doenças, mas, sobretudo, o que espero é que ele desmistifique, ou seja, que consiga demonstrar, e que isso consiga chegar as pessoas. Não é que tudo aquilo que é feito pela ciência deva ser divulgado, mas existe às vezes um espaço deserto entre público e o cientista, que não consegue ser transposto.

Nesse sentido penso que a divulgação científica tenha um papel fundamental para que o trabalho do cientista chegue.

Então, minha expectativa, é o seguinte: nunca pensei que esse projeto fosse revolucionar, sabe por quê? Não acredito em soluções miraculosas e, sobretudo, soluções que venham como uma grande coisa e até parece que única.

Ou seja, isso vai ser a grande solução ou uma das maiores e assim por diante, não! Não creio nisso não. Até porque penso que as soluções estão nisso e muito mais do que nisso.

1b)

Acho que essa, uma expectativa, eu não sei se essa é uma cultura brasileira. Costumo dizer que não conheço nem o Brasil, quanto mais o restante do mundo.

Mas o pouco que conheço da cultura brasileira, e a cultura brasileira é bastante complexa: somos homogêneos na língua, falamos a mesma língua, com poucas diferenças, motivo até pelo qual brincamos ao dizer que o gaúcho diz assim e o nordestino assado, mas muito homogênea nossa língua e isso nos equipara muito.

Nós brasileiros estamos sempre esperando um salvador da pátria, ou uma solução que venha, ou alguém que resolva nosso problema, ou alguém que possa fazer. E esse alguém, pode ser um grupo, uma pessoa, isso pode ser fortemente entre os políticos.

Penso que a expectativa era essa: agra sim as coisas vão resolver!

Mas também traz muito do mito, e daí entra a questão: que cabe um pouco de desmistificação. De que as soluções não são de uma hora para outra. Mas penso que as expectativas das pessoas: vai curar doenças, as plantas vão produzir mais distorções das coisas.

1c)

Eu penso que não!

E até é muito forte eu dizer isso, quem sou eu para dizer isso.

Mas creio que o PGH não tenha tanto peso assim, é preciso mais.

Creio que ciência e sempre hoje o: mudar aquilo que se conhece.

Pensando em outros projetos, o genoma tem uma forte carga de divulgação.

A mídia nos últimos tempos é um poderoso meio de divulgação, ainda que quem faça a divulgação nem sempre faça isso corretamente, até por na obter formação naquilo.

Acredito que não atendeu as expectativas iniciais.

Quanto ao que eram as expectativas iniciais?

Como vou responder isso. Será que houve expectativas iniciais?

Eu penso que não. Acho que a mídia contribuiu, mas não foi causa, ela vem a reboque, não é causa.

Será que quem está envolvido com isso tem idéia de quanto isso representa?

E de onde chegará? Ou seja, e daí posso até responder, as expectativas foram atendidas?

Volto a dizer que não. Poxa vida, será que não estamos minimizando a ciência em detrimento deste e da sua importância? Por si só e isoladamente não representa tanto assim, se pensarmos no conjunto disso que é chamado de ciência.

Eu penso que os que estão mais diretamente envolvidos, e eu não estamos, acabo tendo olhos, lentes para dizer que: não temos dimensão disso e do que possa resultar daqui para frente m algo que hoje não se tem informação nem ciência ou consciência.

1d)

De positivo quem sabe um pouco da desmistificação. Quanto mais se possa conhece e se possa desmistificar, informar, desde que aquilo corresponda à verdade (*risos*). Não vamos acreditar que tudo que se faz de ciência é tão fiel assim!

Quem faz ciência é essencialmente humano, não é! Portanto, sujeitos a falhas, a problemas e, sobretudo sujeitos a limites.

Quanto a aspectos importantes, sabidamente benefícios virão aí! E creio que não temos ainda a extensão disso!

Quanto tempo tem o PGH, 20-15 anos e os resultados uns 5, isso tudo penso até que a gente possa pensar nos seguintes termos:

O PGH é desembocar, o materializar de um conjunto de coisas que já estavam acontecendo!

E aqui ousou fazer uma analogia com Darwin, cientista que tenho imenso respeito, mas acreditar que Darwin fez tudo aquilo sozinho?

Menosprezar todos aqueles, e, sobretudo, aqueles que pesaram fortemente a formação dele, como Lamarck, por exemplo, que é uma pessoa tremendamente injustiçada.

Acho que em relação ao PGH devemos pensar assim também: ele é o desembocar de um conjunto de situações, de um complexo de situações, que chegaram aí.

Quanta coisa precisaria ser somada? Ou quanta coisa precisaria ser destacada e que foi indispensável e fundamental para que isso acontecesse.

Volto a dizer, não venho aqui para menosprezar a existência dele, mas acho que não podemos fazer dele isso daí.

Não sei se trouxe prejuízos, se trouxe pontos negativos, penso que não.

E acho que esse não ver não signifique que ele não tenha, eu que não consigo ver pela minha incapacidade de análise.

Penso que em principio pelo menos, quando se desponta a fazer alguma coisa em termos de ciência, a ponte que nos referencia seria o bem estar humano, ainda que o homem seja o grande problema da vida (*risos*), sem exageros e sem maniqueísmo, por favor!

2)

(*Suspiro*), (*risos*), complicado hein! Creio que não houve.



Olha, vou exemplificar novamente com Darwin, pelo fato do aniversário de 150 anos do livro, a mídia mundial e o comércio até se utiliza da figura, que sem dúvida tem importância fundamental na ciência. Acho que com Watson e Crick houve um pouco disso, e falta para mim um pouco de entendimento das questões políticas envolvidas nisso.

Li os maiores elogios a essas duas figuras e críticas também de que a coisa não era bem assim! Mas, pelo menos na minha visão, não sei se houve abalo, prejuízo não.

Não acredito que isso mudou o conceito, até por acreditar que a coisa é uma sucessão!

E aí cabe uma análise: que é preciso ver sempre que tudo que se faz há erros e efeitos, até porque tenho uma visão fortemente contra o maniqueísmo e penso que as coisas não acontecem nesse contraponto: de um lado bem e do outro mal, de um lado acerto e do outro erro, mas que entre eles há um universo imenso que precisa ser pensado e entendido. É que não vejo as coisas assim, logo que insisto que muito não consigo entender e avaliar pelos meus limites.

3)

Olha, é, teríamos que falar um pouquinho a mais.

1º) não creio que qualquer ser vivo, na sua história evolutiva possa ser calcado as características dele fortemente nisso que se chama seqüenciamento genético. Que inegavelmente existe, mas não podemos pensar nos seres vivos e daí o homem que às vezes se esquece de se colocar nisso.

Acho que não podemos dar importância tão grande para isso, porque se não também cada um de nós é um pacote genético!

Somos um pacote de combinações, porque olha a combinação foi assim e se tivesse sido um nível acima ou um nível abaixo as coisas teriam sido completamente diferentes.

Sim, claro que seria, mas será que é só isso? Ah, creio que não.

E toda a história a determinar isso, ou seja, a história extra gene, ou seja, a história geológica a influenciar isso. Então não somos um pacote genético, uma sacolinha disso para falar de uma forma chula e vulgar.

Mas somos frutos disso e muito mais do que isso.

Quanto a quais outras influências poderia haver na expressão?

Creio que existem várias influências, desde essas a que me refiro, muito complexas, e daí entra uma dificuldade imensa que também tenho viu. Eu sempre procuro passar isso aos meus alunos, na tentativa de, não estou convencido disso, mas, não preciso nem de convencimento porque os fatos e as evidências

Não fazem com que simplesmente tenhamos que ser convencidos.

Acho que ciência não é convencimento, embora isso pareça ser.

É de um aspecto que tenho que parece ser relevante.

Esse tempo geológico a que me refiro é muito complexo, para que a gente apesar de entendê-lo, sinta de fato.

E aí tem a profundidade do entendimento disso, pro exemplo quando me refiro a idade da origem de qualquer ser vivo, sempre falo em termos de milhões de anos.

Mas o que é um milhão de anos? Ou o que são mil anos?

Eu não tenho idéia do que é isso. Quando falamos de quinhentos anos ou quinhentos e dez, quase agora, que é a idade do Brasil.

Esse aspecto, a grandeza desse tempo que é algo abstrato em contrapartida é real. Não estou falando desse tempo convencional que estabelecemos de um dia com vinte e quatro horas, porque o dia poderia ter sessenta horas. Tanto faz, é convenção.

Mas refiro ao tempo geológico, o tempo de fato, a respeito da abstração disso.

Isso é um aspecto.

Outro é exatamente o emaranhado, a rede, a cadeia que está exatamente ligada a isso e que nós desconhecemos.

Veja bem, quando se fala em fóssil, bem fundamental. Mas se extrai tantas informações dos fósseis, e quando em fósseis, qualquer registro fóssil.

Não apenas dessa forma que os seres humanos costumam trazer do monstro pré-histórico dos filmes Jurassic Park da vida.

Mas na complexidade envolvida nisso e que não temos conhecimento. De quantas informações não dispomos para fazer análise.

Então, portanto, de tantas influências que tivemos que temos.

Vamos falar de uma outra: da influência do próprio homem sobre ele e o meio em que vive e que cada vez está mais forte. Não vou nem entrar na tal discussão que acho muito perigosa do aquecimento global, mas para citá-la como uma, do quanto se ignora e se discute sem saber de fato o que acontece e isso penso ser muito perigoso. Certamente há muita coisa que não conhecemos e deva existir, e há coisa que não se conhece e certamente não se conhecerá.

Por exemplo: quantas espécies forma extintas recentemente e que não foram conhecidas antes mesmo de serem extintas.

E agora quem sabe vou até avançar, se é que isso é avanço: quantas espécies, e daí você pode pegar até do grupo animal e creio que dos vegetais da mesma maneira (risos), que ainda não se sabe da existência deles e que estão muito próximos. E não estou falando lá da Amazônia e de regiões pouco exploradas. E sou falando aqui, muito próximo da gente.

Inegavelmente sofremos influência do ambiente, somos um conjunto genético, mas não há como negar a influência do ambiente.

O ambiente tem tal influência que acho que nós pouco sabemos. E muito mais sabemos geneticamente das influências e das descendências e das questões relacionadas a isso.

O conhecimento que temos hoje reunido está muito aquém deste daí. E, portanto tornando-se difícil de realizarmos uma análise, mas que ele é fortíssimo acredito muito nisso.

4)

(risos), em primeiro lugar: bem é um conceito, e não uma definição.

Conceito é uma idéia, às vezes pré-concebida e daí muito complicada.

O conceito é uma idéia que pode ser explicitada de n formas e que muitas vezes refere-se aquilo que não consigo definir.

Um exemplo: defina dor! Não consigo definir dor. Só que sinto a dor e sei exatamente o que é ter dor.

Não consigo definir dor e gostaria que a pessoa definisse o que é dor.

A não ser que eu meça, e ainda assim terei dificuldade de expressar isso quantitativamente, e aí tecnicamente, cientificamente e é isso que refiro: para poder dizer, oh, dor representa tal grau de sofrimento.

E aí entro em um problema do grau de qualitativo e não do quantitativo que já foge por completo.

Agora se eu te disser assim: eu tenho um conceito de dor.

A dor é algo que me incomoda, que me deixa para baixo, de mau humor, que não gosto...isso é conceito.

Acho que com relação a gene posso dar conceito (risos), e não definição. Até porque definição deixo para quem é técnico no assunto para fazer.

A minha idéia de gene é é: um elemento!

Veja isso parece simplório, hein!

Mas muito pelo contrário, é um elemento que faz parte da vida, que não sei desde quando existe!

Quando se fala em vida se fala da existência de vida existe a quanto? 3,5 bilhões de anos, pelo menos é o nº que vemos por aí. Mas o que é vida? Não tenho esse conceito de vida?

O gene não pode ser entendido meramente como uma questão de proteínas, organização, enfim de posição e de estrutura. É muito mais do que isso!

Eu sinceramente não tenho o alcance de entendê-lo.

Agora, é um elemento que compõe a vida, inquestionavelmente e que precisa ser melhor conhecido.

Você mesmo em sua pergunta revela isso, ou seja, imaginava-se uma coisa, chegou-se a tal nº e será que isso de fato é?

5)

Continuamos. Penso que continuamos, porém de outra maneira.

Olha jamais passaria na minha cabeça que é preferível o menos pior em detrimento do pior. Não penso assim. Acho que tão condenável quanto o nazismo, condenável é, e a gente continua vendo hoje, toda e qualquer forma de preconceito. Toda e qualquer forma de dominação no mundo, mas principalmente o preconceito e vejo uma forte relação.

Podemos observar quantas formas de preconceitos existem, e por incrível que pareça isso está cada vez mais forte! Hoje há preconceito quanto a tudo.

Embora não admitamos. Não admitimos!

O preconceito em relação às raças que é um dos mais decantados, quem sabe!

A sociedade é preconceituosa: o feio não pode existir só o bonito! Mas o que é bonito?

O gordo absolutamente é condenado, porque somente o magro tem razão. Mas quem falou isso?

Sem contarmos em termos de fanatismo religioso!

A tecnologia: todos nós devemos usar celular, é um atrasado que não dispõe do celular!

Se você não utilizar o último programa que há na informática, portanto a tecnologia que usamos neste aspecto está muito ultrapassada, aqui no Brasil.

Penso que, o que vemos é uma não alteração, será que o nazismo acabou? Continua.

Essa forma de pensar nazista continua. Talvez agora disfarçada, o politicamente correto, o ecologicamente aceito.

Essas duas palavras muito decantadas e fortemente carregadas de preconceito.

Com relação ao PGH, creio que deixou uma eugenia positiva, não se pensarmos na espécie humana diretamente em si.

Mas nas suas relações acaba sendo. Ao melhorar geneticamente qualquer planta e animal, e aí melhorar para quem senão só para ele? E aí com diferentes razões que ele alega.

Atrás desse discurso: se desenvolvermos esse melhoramento aqui teremos plantas mais puras, por exemplo, agora vamos produzir mais, teremos menos trabalho, agora teremos menos agressões a terra.

Não há muito discurso nisso? As razões será que são essas?

Ou serão as razões do que intitulei lá no início dos imortais?

E os imortais são poucos, (*risos*) a maioria é mortal!

6a)

Olha, não duvido de nada!

O que não sou também é crente naquilo que não conheço!

Mas penso que não possamos duvidar, pode acontecer, sabe por quê?

Talvez seja muita arrogância minha, mas penso que estamos engatinhando em termos do conhecimento e do complexo que aí está.

Ou melhor, do que aí está e do que aí já foi!

Quando penso do quanto nós conhecemos, não avaliado no meu conhecimento, mas do que a humanidade conhece como um todo!

Quanto que se conhece? É tão pouco!

Vamos dar alguns exemplos, e não quero entrar na questão do aquecimento global, que acho muito perigoso:

Quando se fala na questão do tempo, há quanto tempo existem registro de dados meteorológicos? Muito pouco tempo, como é que podemos falar tanto desse assunto (aquecimento global)?

Os históricos meteorológicos chegam a 100 não sei se há 120 anos. Acho que não chega há 150 anos.

Claro que não posso pensar que as coisas devam ser baseadas só nesses registros.

Certamente há outras evidências e dados sobre isso que permitam análise para os que trabalham com isso.

Mas esses registros são de vital importância para isso.

Então para reafirmar a questão, acho que sabemos pouco.

Portanto não duvido e também não acredito!

6b)

Pois é. Penso que o que acabei de falar vem ao encontro disso.

Conhecemos pouco.

Acredito que a espécie humana é muito senhora de si, pensa que sabe além do que, e ela não sabe.

Sabe o pouco que sabe e ainda não sabe!

Falta muito além do mapeamento, sabemos pouco.

E ao falar isso não é direcionado só a este aspecto da entrevista, mas quantas outras coisas que poderíamos perceber isso também.

Se avançarmos em termos de viagem espacial e conseguirmos conquistar outros planetas.

Descobriu-se outro planeta nesse sistema!

O que é o sol? Uma estrela de 5ª grandeza e bem pequena, onde não conhecemos bem ainda nem nosso satélite, visitado há 40 anos e tem gente que não acredita que fomo lá.

Precisamos parar e pensar um pouco, que pouco sabemos!

7)

Falta novamente o que já disse. Falta conhecimento! Eu estou cansado de ouvir principalmente em questões sociais, o poderia ter sido assim.

Para dar um exemplo, um pensador chamado Karl Marx.

Marx que me perdoe, pois não tenho conhecimento para falar dele, mas dizem tanta coisa que ele disse ou que ele teria dito, e tanta coisa que dizem que ele acreditava, e tanta coisa que dizem que ele disse ou não disse, enfim.

Precisaríamos trazer o Marx aqui se fosse possível e dizer assim: você disse isso mesmo? Você acredita?

E mais, não estou dizendo apenas acreditar nisso hoje!

Acreditar na época em que dizem que ele disse!

Isso para dar um exemplo de alguém que respeito muito, de um grande pensador. Claro, sem idolatrias, pois o vejo como um grande personagem da história.

Mas é preciso que tenhamos a versão desses personagens dita por eles. E não a versão deles dita por outras pessoas que dizem que a versão deles foi essa.

E é possível até que muito do que se fala ele tenha dito.

Mas será que também a interpretação do escrito eu não possa mudar? E como!

Ah, sim mais isso é subjetivo, as ciências humanas é subjetiva, mas existe exatidão!

Eu não sou matemático, mas os matemáticos provam que  $2+2 = 5$ . E aí? Não é?

Então com relação à pergunta: ah, se eu tivesse um computador! Mas será? Hoje temos recursos, mas não é tão simples não.

Como um padrão, o ser humano tenta até quem sabe na condição, na possibilidade de entender as coisas, ele simplifica.

Mas acho que pior que a simplificação é tornar o simples simplório.

Se simples já é complicado de entender por ser algo complexo, quanto mais o simplório!

E aí sim, penso que cai nisso daí: aí se eu tivesse.

Se você tivesse e ainda que tenha, provavelmente você não irá fazer! Porque não se faz apenas com isso, se faz com a soma.

Ora, era incansável creio a busca, não muito tempo atrás da realização de cirurgias que hoje se faz. E certamente hoje há coisas impensáveis e que certamente será realizado no futuro!

Nem posso mensurar isso, por que não posso dizer que nos últimos 100 anos a coisa cresceu de forma tal e nos próximos 100 esse crescimento terá uma curva assim e não assado.

Não dá para pensar em algo geométrico.

E mais pode ser que aquilo que seria necessário para que algo aconteça, não aconteça!

Vamos voltar naquela questão do cardiologista.

Às vezes é uma grande balela o que ele está falando. Ou não!

Quem sabe o que ele está falando está aquém de fato do que possa acontecer.

8)Creio que esteja na fase de otimismo.expectativas das coisas.

O que me faz pensar nisso é o fato das expectativas. Embora não se saiba ainda o que se quer saber, há expectativas, que são de certa forma positivas!

Penso que há ainda uma forte carga positiva de expectativas. Certamente os pessimistas de plantão estão sempre aí, viu. E talvez seja assim por não terem expectativas atendidas.

Tem ainda uma forte carga positiva.

Mesmo com o que citei sobre as desmistificações que o PGH provocou, volto a lembrar que vamos precisar conhecer muito ainda.

E quem sabe até pensando nisso é que podemos ter expectativas das coisas.

Não me considero nem um pessimista nem um otimista até porque não sou maniqueísta.

Creio que em relação a sua pergunta, ainda há boas esperanças, não no sentido de que a esperança é última que morre! Não, longe disso.

9)

Concordo, acho que isso é muito verdadeiro.

E até extrapolo isso com um exemplo tanto o mestrado quanto do doutorado: o crescimento de peixes é assintótico.

O crescimento de peixes, anfíbios, répteis, enfim ectodérmicos, Os animais ectotérmicos tem entre outras essa característica. Ainda que em taxas menores, que atinjam determinado peso e tamanho, eles têm crescimento assintótico.

Quando você joga isso em uma curva, você tem a questão: para que esse peso atinja seu peso máximo demorará quanto tempo?

Então você chegava a 300-400 anos, ou seja, algo impossível que aconteça.

Olha, Victor Hugo disse isso? Se ele disse foi muito sábio.

Não sei se teremos a oportunidade de atingir, é assintótico mesmo, talvez se aproxime muito, como os meus peixes lá. Porque eu jogava em uma curva e observava que alguns em 6-7 anos chegavam muito perto.

E daí pensar o que significa esse tempo. Não dá para pensar que um peixe viverá 400 anos.

Nunca vamos tocar, atingir podemos aproximar.

E essa aproximação... Penso, qual unidade vamos usar para medir isso? Imaginamos sempre em cm, mm, mas hoje se fala em cienciometria, já participei de bancas com esse tema.

Tudo bem, desde que você use parâmetros, porque é tão relativo.

Mas há coisas que não poderemos definir, vamos pensar na existência da vida, tem animais que vivem tão pouco tempo e outros muito mais.

Pensamos que estejamos ainda muito no início.

Sem pensar em algumas frases que a gente ouve: ah, não a humanidade já avançou tanto.

Olha, quando ouço: não está chovendo mais, está fazendo muito calor.

Sabe por quê? Sumiram com todas as matas.

Será que é só por isso? Certamente, o registro da cobertura vegetal do Estado, do Brasil e do mundo, isso eu tenho.

Agora a Terra sempre foi o que agora é? A Terra em si é um organismo vivo!

E isso nesse conceito e entendimento que tenho do que é vida.

A Terra é tão viva que nos demonstra todos os dias, ainda que não percebamos.

Quantas mudanças estão acontecendo, e certamente não percebemos.

De vez em quando, ela se fosse uma entidade, um ser, diria: quer ver vou brincar um pouquinho com você. Pega uma placa tectônica e dá uma encostada pra lá, levanta pra cá e o mar dá uma pequena elevação.

Aí isso causa uma comoção imensa e dizem: olha aconteceu um tsunami!

Então, olha somos muito recentes, e nisso volta à espécie humana. E quando pensamos em termos da idade do homem e acreditando nisso que acreditamos que somos.

Diante de tantos organismos que aí estão. O que representamos em termos de evolução?

Muito pouco, ah sim somos fruto disso sim. Somos resultado dessa história.

Claro que sim. Mas o problema talvez esteja no fato de pensarmos isso de maneira isolada, mas que existe o ser humano e todo o universo.

E não nessa grandiosidade do ser humano em pensar que ela já sabe muito.

## **Transcrição da Entrevista E**

1a)

Quando o PGH foi lançado minha expectativa maior era que efetivamente houvesse o seqüenciamento completo do genoma humano, e que esses dados dessem um embasamento para primeiro: um maior entendimento da organização do genoma dos seres humanos, considerando ainda o numero de genes que o ser humano possui; a complexidade desses genes e suas possíveis funções.

Porque a partir daí poderíamos ter várias implicações, como por exemplo, terapias gênicas, genes relacionados a doenças, funcionamento do genoma. O que seria, aliás, a continuação desse PGH, pois do genoma estrutural teríamos o genoma funcional.

A maior expectativa era que essa informação da estrutura genômica depois auxiliasse na melhora de qualidade de vida da população.

Ao longo do desenvolvimento do projeto minhas expectativas foram de certa forma sendo satisfeitas. Primeiro com aquele dado de que embora o ser humano tivesse um genoma com mais de 3 bilhões de nucleotídeos possuísem não mais do que em torno de 25-27 mil genes, o que seria uma quantidade de gene muito similar a outros organismos como fungos e plantas, ou seja, a complexidade da estrutura fisiológica dos seres humanos não tem uma relação direta com o número de genes. A complexidade do genoma não tem uma relação direta com o número de genes.

Isso abre uma porta muito importante, de todo o outro material genético que possuímos, qual será a função real deles. A partir disso temos uma questão nova: não existe DNA lixo, pois não acredito que exista DNA lixo. O que existe é DNA's que ainda não sabemos a função real dele, ou seja, abre a perspectiva de que temos muito ainda que estudar e aprender quanto a questão da organização do genoma humano.

1b)

Devido a população leiga não ter consciência das implicações, acredito que receberam isso como algo que chamou a atenção e curioso. Mas não havia noção das implicações disso para a saúde. Essa é uma questão um pouco difícil para mim, em virtude de no momento em que o PGH foi lançado eu estava inserido no meio acadêmico, portanto, já fazíamos todas as relações possíveis.

Acho que a população ficou em um misto: em parte assustadas achando que estávamos mexendo com algo perigoso, o gene humano, e ainda neste período tivemos contribuindo para isso a questão da clonagem da ovelha Dolly e também nesse período a mídia com exceção de alguns meios de comunicação, trabalhou muito com o medo da população, quanto à clonagem e manipulação do genoma humano. A percepção da população leiga era que de alguma forma o genoma humano estava sendo manipulado, e com isso trouxe algumas questões éticas, havendo também muita influência da religião nesse aspecto. Mas de forma geral, os meios de comunicação importantes trabalharam a matéria veiculando que a partir do PGH vamos entender melhor o genoma humano e sua organização e isso pode trazer benefícios para cura de doenças. No entanto, creio que a maioria da população não tinha acesso a esses meios de comunicação mais consistentes, ficou muito ainda no imaginário, na mística da população de algo que não poderia ser manipulado.

1c)

Sim, com certeza. Quais eram os objetivos iniciais do PGH?

1 – seqüenciar o genoma = seqüenciou;

2 – determinação do número de genes = verificaram;

3 – predição dos genes (função desses genes) = verificado

4- possíveis repercussões dessas funções e de sua organização funcional = foram atendidas, tanto que sai até uma edição exclusiva da Nature, pontuando todas essas repercussões do seqüenciamento.

Acho que esse seqüenciamento do genoma humano foi divisor de águas na ciência. A compreensão do nosso genoma foi um fator importantíssimo para a ciência.

*Intervenção: Você acredita que as expectativas eram somente essas? E se eram, você acredita que os cientistas envolvidos esperavam a partir deste trabalho desencadear outros resultados?*

Certamente, esse PGH facilitaria outros resultados, pois a partir do entendimento do funcionamento do genoma a ciência pode avançar com passos muito rápidos. Então, houve repercussão na saúde, farmacogenômica, terapias gênicas, as implicações da evolução filogenética, a compreensão das raças, ou seja, que afinal somos todos iguais. Que não existe essa diferenciação de raças, pois 99% somos todos idênticos e que as diferenças estão relacionadas aos poucos genes relacionados a características fenotípicas, como por exemplo, cor dos olhos, cabelo e pele. Já em todo o restante somos idênticos e muito similares a outros organismos como o macaco Rhesus e camundongo. Isso trouxe um ponto importante para a sociedade de que não há grandes diferenças entre indivíduos que moram em continentes diferentes. Na verdade as poucas diferenças fenotípicas envolvem uma quantidade mínima de genes, esse foi um ponto importante de impacto para a sociedade.

1d)

Além de pontos que citei acima, outro ponto positivo foi o envolvimento de laboratórios do mundo todo, inclusive aqui no Brasil.

Foi relevante este fato, primeiro pelo desenvolvimento desta área no mundo todo;

Segundo, no desenvolvimento de outra área acessória ao seqüenciamento foi a bio-informática, como o desenvolvimento de programas para análises genômicas.

A questão do desenvolvimento de banco de dados com o acesso livre e todo o mundo. Hoje, trabalhando com fungos por meio disso, consigo fazer uma análise molecular de linhagens com seqüenciamento de regiões pequenas e comparando essa região com o banco de dados, construído em função do PGH.

2)

É, essa é uma questão boa! (*risos*)

Na verdade nós queremos a ciência dinâmica, e com o avanço da biotecnologia, a análise do código genético, o que temos visto?

Que a molécula de DNA é dinâmica! Mesmo antes do advento do PGH nós já tínhamos esse entendimento. Primeiro da estrutura tridimensional do DNA, que não é aquela estrutura física estática, proposta inicialmente por Watson e Crick. A partir de outros trabalhos demonstraram que o DNA poderia assumir estruturas conformacionais distintas, como por exemplo, a estrutura do DN<sub>Az</sub>, ao invés de ter o giro para a direita ter o giro para a esquerda. DNA *a*, onde havia a diferença da distância das ligações entre as bases, os nucleotídeos e do diâmetro da molécula também, ou seja, a partir daí já verificávamos que já existia uma alteração na estrutura tridimensional do DNA. Que a molécula do DNA é extremamente dinâmica.

E aí com o advento do genoma, nós percebemos a existência de diferentes seqüências: intervenientes, inter-gênicas, DNA repetitivo. Na questão dos íntrons, por exemplo, a existência de seqüências de íntrons com cerca de 30 mil pares de bases. Isso é uma informação muito importante, por quê? Porque quando nós comparamos com genomas menores com, por exemplo, da *E. coli*, que possui em torno de 4 milhões de pares de bases e em torno de 4 mil genes, ou seja, cada gene em média de 1000-2000 pares de bases. Quando verificamos que no nosso genoma existem seqüências que interrompem um gene com cerca de 30.000 pares de base, então é um dado extremamente relevante, quando comparamos com genoma mais simples!

Tudo isso veio reforçar que existe muito que ser aprendido, muito deve ser avançado, porém, abriu a possibilidade de compreendermos de que forma esses genes estão sendo regulados. O papel de cada seqüência: das seqüências repetitivas, das seqüências hipergênicas que estão dispersas nos genomas, o papel dessas seqüências para o funcionamento de nosso genoma. Essa tem sido uma contribuição extremamente importante.

Na questão das rupturas: logo após a apresentação do trabalho de Watson e Crick, já fomos verificando que aquela estrutura estática proposta por eles, não era definitiva, existiam outras estruturas. Então aí a compreensão do gene, que para o funcionamento desse gene os íntrons participam ativamente, que existem outras seqüências como elementos transponíveis, que se repetem ao longo do genoma e participam na duplicação, que tem papel importante para a regulação da expressão gênica.

Com o genoma humano, sabemos que um grande n° dessa seqüência, em torno de 20% está associado a elementos transponíveis, seqüências que mudam de posição genômica. Verificamos que efetivamente nosso genoma é muito dinâmico e mais do que a estrutura dele, mas como ele funciona, a regulação dele. Acho que essa foi a maior contribuição: que a estrutura, a seqüência de nucleotídeos, os genes, trouxe a questão de que nosso genoma não é muito diferente de outros organismos em termos estruturais, a maior diferença está na regulação.

3)

Físicas sim. Agora as questões psicológicas e de personalidade parcialmente.

Eu creio que deva existir algo mais nessa interação, nessa dinâmica.

Essa é uma área muito insipiente, um terreno movediço. Faltam dados.

Nós sabemos que certas características sofrem ainda, interferência do meio externo. Já no desenvolvimento devido ao comportamento da mãe: do que ingere, se fuma, bebe, isso interferirá na expressão dos genes. Muitas das nossas características são devidas por quantidade de genes e pelo

ambiente. Outras características monogênicas já não sofrem tanto influência do ambiente. Por exemplo, a altura. O indivíduo terá a altura contida em seu código se a alimentação, o ambiente for adequado a isso. Agora por exemplo quanto ao sexo, se não receber hormônios sintéticos terá o sexo definido pelo código genético.

4)

(*risos*). O gene é uma seqüência de DNA que codifica para um polipeptídio.

Esse polipeptídio pode ser uma proteína;

Pode agrupar-se, havendo funções enzimáticas ou não.

Hoje sabemos que o gene não apenas codifica para uma cadeia polipeptídica.

Sabemos que o produto final de alguns genes é o próprio RNA. E que no funcionamento de nosso genoma alguns RNAs tem funções enzimáticas associados ao próprio processamento dos íntrons.

RNAs que participam no processo de expressão gênica, RNAs transportadores em que o produto do gene é o próprio RNA.

Então nós podemos definir o gene como:

Uma seqüência de DNA que codifica para uma cadeia polipeptídica que é o conceito empregado nos livros de genética. Eu fico com ele! Embora saibamos que não é só isso, e que o produto final do gene pode ser apenas o RNA.

Eu não avanço muito ao que está contido na literatura e nos livros que usamos em nossas aulas.

5)

Não. Na verdade pelo contrário. A eugenia do passado, em que as pessoas eram determinadas pela sua origem genética, hoje caiu por terra. Primeiro, porque pelo seqüenciamento observamos que somos quase todos iguais e parecidos com outros organismos, com poucas diferenças;

A evolução tecnológica está dizendo que: apesar de haver um seqüenciamento expresso em nosso nascimento sinalizando que podemos ficar doente, não significa que venhamos a ter aquela doença.

Logo não existe mais essa determinação biológica. E isso porque esses avanços permitirão a correção dessas mutações, doenças genéticas. Mas do que nunca, os avanços tecnológicos permitirão que a população como um todo tenha uma melhor qualidade de vida.

No conceito de eugenia, não acredito que estejamos caminhando para uma eugenia, naquele sentido de pessoal ideal. Em função das nossas diferenças, a correção de uma doença é o que temos buscado há muito tempo.

Quanto a esse avanço da genômica, não vejo nesse aspecto. Agora a questão do que se imagina que se interferirá no genoma do indivíduo para que tenha uma constituição perfeita, isso nunca acontecerá, nunca vão chegar. O que tem acontecido é correção de uma deficiência mais grave, pro exemplo, cirurgia de miopia. Por exemplo, interferir na imagem de um indivíduo pela genômica, acho que não. Perceberão que as diferenças são muito bem vindas para a população, será cada vez mais respeitado a variação do gene. Não vejo interferência para se ter uma população padronizada, isso seria uma distorção do conhecimento genômico.

Qual é o bem nascido, quem dita isso? O entendimento de um não é o do outro, em termos físicos, Acho que isso nunca irá acontecer.

6a)

As pré-disposições genéticas podem ser determinadas, uma vez que você entenda quais genes e vias metabólicas estão associadas. Se entendermos a regulação e quais genes estão expressos naquele momento precocemente. Quais grupos de genes estão associados poderemos interferir precocemente.

Eu acho que está muito insipiente, mas daqui alguns anos quem sabe.

Creio que a ciência chegará ate onde o homem conseguir sonhar!

Tem possibilidade de acontecer, pois vários trabalhos têm mostrado o grupo de genes associados a varias respostas fisiológicas, infecções. Em um futuro distante poderemos interferir na expressão desses genes.

6b)



Não é só o que está escrito. Pensar que a resposta esteja somente na seqüência não. A resposta está na regulação desses genes. O livro da vida não é só as páginas com a seqüência, mas também a informação de como esses códigos estabelece suas ligações, como esses genes estão interagindo.

A idéia inicial de que o nosso genoma seria um livro de tantas páginas, na qual estavam contidas todas as informações para tudo somente pelas seqüências, não é verdade!

Isso é uma parte do livro da vida, a outra parte deste livro, ainda estamos tateando, procurando entender, que é como essas informações está sendo regulada.

A regulação da expressão gênica é a chave do entendimento do livro da vida.

Falta entender o mecanismo de regulação, ou seja, será que os milhares de nucleotídeos, mesmo não sendo genes, não possuem uma relação com a regulação desses genes.

O PGH abriu uma porta importante, mas com o genoma não conseguimos elucidar tudo. Pelo contrário, trouxe a baila novas questões. A chave do entendimento deste livro é a regulação da expressão desse gene, o que liga e desliga e como o ambiente interfere nisso. Vamos ter de caminhar para o genoma funcional. O estrutural teve um papel importante para o início, mas entender a dinâmica desse genoma depende dessa regulação.

7)

Não é possível, estamos muito longe. O que dá com a bioinformática é facilitar o acesso a compreensão do genoma. Agora a partir de a seqüência genética dizer quem é o indivíduo, ainda não.

Pois esse indivíduo recebe a influência do meio em que está, há ainda a questão da regulação gênica.

Na questão da expressão dos genes eucariotos, estamos muito aquém, não temos muitas informações

da influência do ambiente no funcionamento desse genoma, temos algum conhecimento, existem vários trabalhos sobre regulação gênica. Mas por exemplo, a epigenética, metilação e desmetilação, só nesse ponto, tem muito ainda que ser estudado. A resposta e interação do indivíduo com o ambiente

não pode ser entendida somente pela seqüência. Só pela seqüência não somos muito diferentes do camundongo. Hoje, somente pela nossa seqüência de repente o computador mostraria a figura de um

camundongo (considerando os genes), os genomas são muito similares em termos estruturais. Portanto, somos mais do que isso, somos isso funcionando, interagindo com o ambiente. Alguns

trabalhos têm mostrado que a resposta de um paciente a um tratamento tem muito a ver com ouvir uma música, oração, prece, interferindo na resposta.

A resposta orgânica a uma doença depende da regulação, produção de proteínas, sistema imunológico.

8)

O momento é de otimismo, pois está havendo muitas respostas.

O entendimento das moléculas, dos genes. O olhar do cientista hoje não é mais o perfeito, o sistema,

mas o entendimento das moléculas, o nível molecular. Vimos à medicina traduzindo o entendimento das doenças, e essa compreensão molecular tem dado o entendimento de vários fatores, do porque

acontece e até encontrar o caminho para a cura dessas doenças, o momento é de otimismo.

9)

Existem alguns aspectos em que a ciência já tocou: estudo dos procaríotos, funcionamento do DNA, duplicação, transcrição, tradução, já temos um entendimento muito bom do que acontece.

Agora quando passamos para os eucariotos, percebemos ainda alguns pontos a ser entendidos por causa da regulação da expressão gênica.

Em alguns aspectos a verdade de hoje nos levará à uma verdade ampliada amanhã.

Mas a questão do que é verdade hoje ser mentira amanhã. Talvez esse entendimento que nunca vamos alcançar a verdade. Não! Não é que nunca vamos alcançar a verdade, mas a nossa verdade será cada

vez mais entendida. A compreensão de como funciona, cada vez vamos entender melhor e lógico que algumas questões que hoje dizemos: isso funciona assim. Na ciência é muito comum amanhã

dizermos: não é bem assim que funciona, tem mais esse dado.

Nós estamos sempre avançando!

Mas essa não é uma questão fácil (risos)

Em alguns aspectos a ciência avançou com uma verdade bem consolidada, mas em outros aspectos, vai caminhar, caminhar e caminhar. E sempre uma verdade nos levará para outro caminho na busca de

outra verdade, no sentido do que? Das implicações daquela verdade inicial.

Então essa questão da verdade não pode ser colocada como algo estanque: do bem, do mal, do sim, do não, do verdadeiro e do falso. Mas, uma construção da compreensão do que somos como funcionamos, como interagimos com o ambiente e isso cadê vez se ampliará mais.

Não creio que chegará um momento: hoje nós sabemos tudo. Não! Hoje chegamos ao ponto em que podemos avançar ainda mais. Haja vista, por exemplo, a ciência física quântica: a idéia inicial do átomo indivisível e de todas as estruturas atômicas que conhecemos ainda tem muita coisa para ser entendido. Cada vez que avance também nossas ferramentas e amplie nosso olhar da ciência. Mesmo na genética: o conhecimento de novas tecnologias e ferramentas entenderemos melhor a dinâmica do nosso genoma. Afinal o “Livro da Vida” não são só as seqüências. É muito mais do que isso, há muito mais a ser entendido, compreendido. Ainda estão nos faltando algumas ferramentas.

Essa paralela (assíntota) em alguns momentos irá tocar, em outros momentos não, e em outros momentos creio que vão divergir ou começar seguir caminhos diferentes, e em cada caminho desses temos uma nova ciência que vai nascer, em função daquele conhecimento inicial.

O que podemos imaginar que será nossa ciência daqui cem anos? Com o avanço que tivemos nos últimos cinquenta anos?

Não vou dizer que seja uma paralela ou que irá tocar, mas que avançará muito e cada vez para níveis mais apurados, e considerando a complexidade de nosso universo – macro e micro universo, não faltaram trabalhos para nenhuma geração.

## **Transcrição da Entrevista F**

1a)

Quando houve a divulgação, acreditei que já estivesse quase tudo pronto, e não foi o caso.

Segundo, que possibilitaria a cura de muitas doenças e tratamentos, porque quando tive acesso ao PGH acreditei que já estivesse bem adiantado.

Acredito que despertou para mais estudos.

O PGH teve um impacto e gerou uma empolgação.

Mas hoje vejo que está muito cru.

1b)

A população ouviu falar e por não ter conhecimento também esperou que acontecessem curas de doenças. Eles gostaram, mas ao tinham noção do PGH. Percebo isso até mesmo pelos alunos.

1c)

Por enquanto não atendeu. Imagino que as expectativas fossem além do seqüenciamento e isso ainda não aconteceu.

1d)

Foi relevante o fato de despertar para a genética, a hereditariedade, nesse sentido foi um avanço. Foi a porta de entrada para o mapeamento de várias doenças hereditárias que antes não tinham conhecimento.

Abriu um leque maior.

2)

Contribui só para fortalecer, não teve rupturas.

Em contrapartida, percebo que alguns livros tinham conceitos errados, principalmente em relação ao gene, que estão mudando.

Mas ainda falta muito conhecimento, que pensam ter, mas não têm ainda.

A genética é um campo novo que não se trata somente daqueles cruzamentos e não se detém só a isso, principalmente a parte molecular.

3)

Acredito que sim, mas não tudo.

Por que você vai ter interferências do meio. Está tudo ali, mas, por exemplo, a diabetes: tem quem acredite que seja só a parte alimentar, entra também a hereditariedade, e o meio ambiente interfere também.

O código está ali, mas pode sofrer interferências do meio, ainda que pequenas, que o façam super expressar ou silenciar.

4)

Seria aquela parte do DNA que sofrerá uma transcrição, formação do RNA e a síntese protéica.

A formação desta proteína será responsável pela expressão do gene, irá passar a característica.

Antes nos livros simplesmente diziam que o DNA era responsável pela característica, mas na verdade existe esse impasse: a transcrição e a tradução.

E ainda os genes que não estão ativos, que estão silenciados.

Os genes para serem ativados ou silenciados, podem receber influências de um contato molecular.

5)

Acredito, o que difere hoje são as intenções como busca de tratamentos, para melhorar. Mas a qualquer momento isso pode ser usado para selecionar organismos.

Não acredito hoje, mas futuramente podem padronizar um perfil de indivíduo, só inteligentes, ou sem propensão a determinadas doenças, não sei.

6a)

Olha não é tão fácil, como o pessoal pensa.

Mas acredito que poderá algumas mutações *in vitro*, por exemplo.

Hoje falta conhecimento para aplicar isso, de como interferir.

6b)

Por causa das mutações que acontecem.

Por exemplo, passou na televisão sobre um câncer de intestino que muitas pessoas mapearam e descobriram que era hereditária. Então muitas pessoas estavam fazendo a cirurgia antes de ter o câncer. Mas acredito que a manifestação possa mudar e sofrer alterações, por isso ainda está difícil desencadear esses tratamentos.

7)

Falta conhecimento de muitas relações intermoleculares.

Acredito também que o homem não pode conseguir tudo o que almeja.

Não é um ser maior, para controlar tudo.

Acredito que não chegue a esse ponto, pode até conseguir realizar algumas terapias, mas não ao ponto de entender tudo.

8)

O ciclo é de depressão.

Porque hoje vejo que eles não conseguem explicar muita coisa. Aquele empolgoamento que tiveram no início caiu. Com a parte de plantas houve um pouco mais de avanço, mas com relação ao homem, o momento ainda é de depressão, não se descobriu muito, ainda está na pesquisa.

9)

Acho que o homem não tem esse poder de saber tudo. Atingir todo o conhecimento.

Tantas coisas que quiseram desvendar: influenciar no sexo, mas nunca conseguem um resultado totalmente positivo, em curas, tentam, mas não atingem resultados totalmente satisfatórios. E também acredito que Deus está acima de tudo e o homem não conseguirá desvendar tudo.

## **Transcrição da Entrevista G**

1a)

Na verdade eu tinha mais críticas do que expectativas, porque como já trabalhava com filosofia da biologia nessa época, comecei a trabalhar com o tema em 1993. Então me parecia

que o projeto desde sua origem era hiper-reducionista, e estava tentando compreender a função gênica e em um nível, abaixo do nível que ela devia ser compreendida.

Para mim não foi muita surpresa que quando os primeiros genomas foram sequenciados não havia possibilidade de obter tanta informação do genoma estrutural quanto se pensava inicialmente. Eu concordo com a Evelin Fox Keller, que um dos grandes resultados do PGH foi mostrar o fracasso, a abordagem hiper-reducionista na biologia. Portanto, nunca tive muita expectativa de que o PGH fosse gerar os resultados prometidos, agora sempre pensei e continuo pensando que o projeto foi importante porque produziu uma base de dados que permita tornar possível o uso dela e pesquisas que assim, tenta responder as questões relativas à função celular, desenvolvimento, num nível de complexidade maior, ou seja, se hoje é possível uma genômica funcional que tenta, embora acho que não consiga, mas tentar escapar das malhas do reducionismo, só é possível porque a genômica estrutural anteriormente produziu esse mundaréu de dados sobre genoma.

Aquelas promessas hiperbólicas de que iria curar várias doenças, sempre achei exagerada e também uma retórica para se obter financiamento. Era uma retórica pautada em (não terminou a frase). Isso Marcelo Leite discute muito bem, quer dizer, fizeram essas hipérboles em relação às promessas do genoma exatamente por dinheiro, e deu certo (risos).

Agora a grande pergunta: se é bom para a ciência que os cientistas pintem essa imagem, projetando uma retórica falsa em relação às reais expectativas de resultado das pesquisas. Sou da opinião que essa estratégia é uma estratégia sistematicamente usada por pesquisadores de prometer muito mais do que ele mesmo sabe que é possível à longo tempo prejudica a ciência mais do que ajuda.

Eu não tenho dúvidas de que sabiam que estavam prometendo mais do que podiam cumprir, ou no mínimo, sabiam que estavam dando um grande tiro no escuro. O que não quer dizer, que não fossem hiper-reducionistas, isso eles eram. Só que sabiam que estavam prometendo muito mais do que era possível. Aliás, o cidadão sempre sabe quando está prometendo do que é possível quando faz as coisas: o cara fala de educação, promete que vai revolucionar a escola; fala de saúde, vai curar doenças; ao falar de ecologia, vai fazer conservação; e muitas vezes o próprio pesquisador sabe que essas aplicações são muito mais distantes do conhecimento que ele está produzindo do que argumenta que esteja.

1b)

Não sei (risos). Essa pergunta é complicada, difícil dizer isso. Posso falar, mas como uma especulação de que, como a mídia em boa parte assimilou esse discurso hiperbólico, e boa parte da população acaba seguindo os vieses que a mídia assume, portanto, uma parte da população possivelmente assumiu esse mesmo tipo de visão. Agora acho que num país como o Brasil, a maior parte da população tomou sequer conhecimento, porque a divulgação da ciência ocupa um espaço muito pequeno. As pessoas ouvem falar de ciência muito menos do que se imagina.

1c)

Não atenderam, e não atenderam todas as expectativas, desde os produtos tecnológicos, ou seja, se consegui muito menos medicamentos, por exemplo, do que foi prometido. Muito, muito menos doenças foram combatidas do que se esperava. Em termos do mercado, os ganhos em ações e em termos de produtos biotecnológicos foram muito menores do que se esperava. Agora acho que a grande coisa mesmo do PGH, é o produto que ele dá em termos de pesquisa em dois sentidos: bases de dados e humildade!

A Keller constrói esse argumento no “Século do Gene”, creio que esteja correta. Agora tenho muita dúvida, e a Keller também, pelo que tem escrito se de fato a tal da biologia sistêmica, tão fala hoje, se realmente é uma abordagem não reducionista, sistêmica. Acho que ela parece

muito com uma coisa que Lewontin chama de reducionismo de larga escala. Tem até um aluno meu que acabou de defender o mestrado e constrói esse argumento em sua dissertação. O reducionismo de larga escala continua sendo o reducionismo, mas com muito mais possibilidades de coletar dados. Você fica na expectativa que por um processo condutivo você vai compreender a partir do conhecimento sobre as partes o conhecimento sobre o todo. Por exemplo, artigos do Barabasi, onde se fala sobre a compreensão de redes celulares, a idéia é assim: vamos coletar dados sobre todos os componentes celulares para se ter a compreensão da célula. Então isso continua sendo reducionismo, o que muda são as possibilidades de gerar dados.

1d)

Não sei essa resposta, mas podemos ficar com a pulga atrás da orelha, se formos pensar em termos de custo-benefício: quanto se investiu no PGH e quanto resultados obtivemos de fato. Não tenho essa resposta, mas é uma boa pergunta.

Certamente, se temos verba limita para se fazer pesquisa, o hiper-financiamento para um caminho de pesquisa como ocorreu com o PGH implica menos financiamento para algumas áreas. Essa é uma pergunta que só um projeto de política e sociologia da ciência poderia responder. Quais foram às áreas que foram descobertas em termos de financiamento para que o PGH tivesse sido tão coberto em termos de financiamento? E valeu a pena? Não sei a resposta! Mas é uma pergunta.

2)

Acho que não (risos). Na verdade, você tem essa série de descobertas que vão solver o gene. E isso vai gerar um estado atual que é o estado de perplexidade do estatuto ontológico do gene. Agora é interessante também pensar que boa parte dessa perplexidade não aparece para uma parte dos pesquisadores empíricos, porque como trabalham com conceitos operacionais, em geral tem um conceito de gene ou algum conceito de gene que dá conta das suas pesquisas. E aí, o problema da conceituação em si mesmo, fica muitas vezes disfarçado. Agora, têm aparecido em artigos de pesquisadores empíricos, preocupações com a questão do gene. E você tem tentativas de solução do problema de duas ordens: tem tentativas de filósofos da biologia como Keller, Neumann-Held e outros, mas tem recentemente aparecido, tentativas de cientistas empíricos como um artigo de 2007 do Guerstein e colaboradores que digam o que é um gene, estão utilizando os resultados de alguns projetos para dizer o que é um gene. Esse fato demonstra que também a comunidade de pesquisadores empíricos esta percebendo isso, não tem como manter aquela visão do gene que foi construída na biologia molecular a partir de Watson e Crick, é necessário repensar o que é um gene. Embora, não concorde com o que a Keller disse em 2000, porque em 2005 ela já voltou atrás disso, que é uma questão de abandonar o conceito, mas de repensá-lo. Ele perdeu sim em materialidade, e talvez um gene só possa ser mantido hoje com o conceito instrumental, ou seja, um conceito em relação ao qual não se combina a hipótese de correspondência com a entidade real.

É muito difícil quem é contemporâneo conseguir avaliar com clareza essa mudança teórica. As avaliações teóricas sempre são mais confiáveis quando são retrospectivas. Acho difícil responder essa pergunta, mas tentando respondê-la, me parece que essa mudança que acontece no conceito de gene, trata-se de um pedaço de uma mudança mais ampla na biologia molecular e celular, e que essa mudança mais ampla poderia até ser uma mudança paradigmática. Como poderia ser uma mudança paradigmática? Se a biologia molecular e celular estiver se desviando de uma formulação de seus objetos de pesquisa de modo a priorizar explicações moleculares para outro tipo de explicação, que, por exemplo, priorize a organização celular e as moléculas sejam subordinadas.

De certa maneira, essa é a retórica da biologia de sistemas, agora ao mesmo tempo, tenho dúvidas se de fato essa mudança está acontecendo. Se de fato, essa retórica da biologia de

sistemas realmente configura uma mudança da matriz epistemológica da pesquisa em biologia celular e molecular. Mas eu tenho só uma dúvida, não tem muito como ter confiança de que de fato estejamos menos reducionistas, se de fato não é menos reducionista. Acho que só vamos saber isso daqui uns vinte-trinta anos, quando estiver se completado esse processo histórico que estamos passando agora.

3)

Essas metáforas são religiosas: Livro da Vida, Santo Graal. Não é por acaso, que depois do PGH, Francis Collins escreveu um livro religioso (risos).

Não. Concordo com Lewontin que isso não é nem problema filosófico, é biologia mal aprendida (risos). Quem é reducionista não aprendeu biologia direito, aprendeu um tipo de biologia que não sei qual foi, porque não tem pleiotropia, não tem epistasia, não tem fatores ambientais influenciando, não tem herança materna, não tem outros tipos de herança epigenética, realmente não sei que tipo de biologia é essa não, em que os genes determinam tudo.

Essa biologia em que gene determina tudo só serve para entender metabolismo e olhe lá, parte dele.

Em um sistema biológico o que é mais importante de tudo é a organização espaço-temporal dos processos. Que processos acontecem juntos, com quais no tempo e no espaço e quais acontecem separadamente. Quando falo para os meus alunos em sala de aula, o embrião é um cruzamento de campos de gradientes e cada célula esta numa situação de informação posicional diferente, porque está em certa posição nesse gradiente de concentração. Aliás, até escrevi num artigo em 2005, que não é o DNA que faz coisas com a célula, é o contrário, a célula que faz coisas com o DNA.

O DNA é um material inerte, o DNA não faz nada. O DNA é um depósito de informação.

O DNA não pode ser programa, agente. O DNA é uma base de dados.

Claro que existe uma forte concepção determinista. Acho que é um cruzamento de (não termina a frase). Eu falei no começo 'biologia mal aprendia', mas claro que isso é um pouco brincadeira, porque o que tem aí é um cruzamento de valores, de interesses, de biologia. Pode ser muito conveniente pensar nos seres humanos como determinados por genes, isso esvazia, por exemplo, toda a responsabilidade social de uma série de problemas de mazelas. Se a violência for problema de deficiência imonoxidase, para que temos que melhorar as condições de vida nas favelas?

Essa apropriação do conhecimento da genética como algo que determina tem um componente cientificista, mas talvez nem seja o componente mais importante. Pois eu poderia ser cientificista e fazer uma leitura sóciocêntrica do ser humano, e ser um cientificista tomando o conhecimento das ciências sociais como absolutamente verdadeiro. Portanto, creio que o cientificismo não seja o componente determinante para o determinismo genético. O problema em relação ao determinismo genético é um pouco mais específico.

4)

Tenho uma visão muito peculiar sobre o que é um gene. Penso que gene é algo produzido pela célula. Estou de acordo com a Fox Keller (2005), que se o conceito de gene vai sobreviver no século XXI, deve ser pensado como verbo e não substantivo. Então ao invés de dizer que tem gene no DNA, eu diria que o DNA tem um conjunto de domínios, que seriam definidos como regiões, que são estrutural ou funcionalmente definidas, porque tem certas estruturas que se repetem e/ou certas funções que se repetem. E esses domínios são combinados de diferentes maneiras pela célula e apenas quando a célula faz essas combinações que os genes aparecem. De maneira que eu diria que essas células 'geneiam' e talvez o local onde de fato você encontrará um gene seja no RNAm maduro. Agora claro que tem o problema de que o gene

que está lá no RNAm maduro, ele não tem as propriedades de estabilidade que esperamos do gene como material de herança. Mas eu diria que o gene não é um material de herança, mas seus cromossomos.

Talvez essa seja a única maneira do conceito de gene sobreviver nesses novos tempos. Lançamos sobre o gene várias expectativas que talvez não seja possível lançar sobre eles, como as expectativas de que eles seriam a unidade de estabilidade no material genético. Agora depois dos últimos projetos apareceram algumas expectativas de salvar essa coisa do gene como acontece com o artigo do Guerstein e colaboradores que a partir desses resultados tentaram propor uma definição de gene mais tradicional.

5)

Me parece que há semelhanças sim, entre o discurso que se faz hoje em relação os impactos da tecnologia genética sobre o ser humano e o pensamento eugênico.

Parece-me que a ciência foi utilizada ao longo da história várias vezes para fazer uma prática que a antropologia chama de auterização, que é a prática de você qualificar os outros, separar o que é o 'eu' e o que são os outros. Esses outros são geralmente colocados em posições menores, inferiores.

A antropologia física no século XIX apoiava, por exemplo, a idéia de que os nativos das Américas eram semi-animais, pertenciam a outras espécies, e que por isso foram exibidas em exposições antropológicas e até em zoológicos. O pensamento eugênico por mais que hoje algumas pessoas tentem tratá-lo como se fosse uma forma de deformidade do nazismo, evidentemente não foi. O pensamento eugênico nasce dentro da tradição de pesquisa anglo-saxão e se cristaliza com os primeiros anos da genética.

De certa maneira a idéia de aconselhamento genético é uma versão mais benigna, mais branda, do pensamento eugênico, e talvez seja muito positivo. Talvez não, certamente é muito positivo!

Agora a genética, em particular, sempre vive um enamoramento problemático com a idéia de que ela possa melhorar a espécie humana. E agora, com a tecnologia do DNA recombinante, reaparece repetidas vezes a idéia de que haverá um novo ser humano a ser produzido pela genética, um tipo de super homem 'nietzschiano'. Mas quem é super homem 'nietzschiano'?

Qual a cor de sua pele? Qual a cor de seus olhos? Qual é o seu sexo?

Tem muitos problemas! Parece-me que a falta de informação histórica dos cientistas naturais faz com que repitam os erros da história. Falta de informação filosófica faz com que não consigam compreender direito o que as ciências estão fazendo. E a falta de informação sociológica não permite que compreendam direito onde que essa ciência se engendra na rede de relações sócio-políticas e ideológicas da sociedade. E isso é uma formação tecnicista do cientista natural que é muito conveniente, porque faz dele um tipo de marionete muito mais manipulável, e muitos cientistas são muito manipuláveis. Não fazem perguntas do tipo 'será que devo fazer isso?'

Acho também que há campos de pesquisas que são absolutamente injustificados, por exemplo, para que investigar um método que permitam que as pessoas escolham o sexo do bebê? Qual a utilidade disso? Isso não melhora a humanidade em nada, não melhora a saúde em anda, só cria problemas!

Por que essa pesquisa é feita? Por que ela é financiada? Quais são os interesses que estão por trás disso? Ou quando um pesquisador escreve que 'a pesquisa dele irá beneficiar a humanidade, porque irá curar uma doença'. Quem é essa humanidade? Qual poder aquisitivo precisa ter para poder comprar o produto tecnológico que vai sair da pesquisa que está sendo feita?

Então creio que temos que inflamar pesquisadores que sejam mais capazes de fazer esse tipo de pergunta, de ter pelo menos 'uma pulga atrás da orelha' em relação à como se dá a inserção

da ciência que a gente faz dentro das redes sócio-políticas e ideológicas e quais são os interesses que recaem sobre a gente na medida em que as pessoas pagam pelas pesquisas que fazemos!

6)

Eu acredito que informação muito útil pode ser produzida a partir de um tipo de dados desse, só não acredito que seja tão simples assim. Porque afinal de contas até onde eu sei sobre enfarto do miocárdio, que também não é lá muita coisa, isso depende de uma série de fatores, como ambientais e de estilo de vida. Agora se existirem alelos que aumentem a probabilidade de certos tipos de respostas no coração diante de certos tipos de desafios ambientais, talvez possamos ter alguma idéia das propensões de enfartar do paciente, das propensões de se recuperar do enfarto, dados certos tratamentos, ou seja, essa informação é útil.

Certamente, a metáfora que o pesquisador usou vai um pouco longe demais, por dar um peso excessivo a informação genética. Agora, não se tem muito como negar que essa compreensão genética é útil! Agora talvez seja mais útil se seja dada a ela o devido alcance como o seu poder explicativo, um poder explicativo completo!

Agora, entendo pouco do enfarto do miocárdio para saber o que o conhecimento dos fatores ambientais e do estilo de vida, igualmente mapeados, que tipo de manual de instruções poderia reproduzir e que seria também útil para pensar a probabilidade do paciente ser enfartado, ou enfartar e ser tratado!

Um problema que podemos ter com isso, quando fazemos essas metáforas excessivas são as conseqüências do uso dessas metáforas. Então uma possibilidade desse tipo de metáfora e que já tem ocorrido é o uso, por exemplo, por companhias de seguro de uma idéia de mapear as pessoas geneticamente, descobrir esse tal de manual de instruções para ficar doente, que o pesquisador falou, e a partir disso dividir as pessoas em grupos atuarias de acordo com os seus genes. O que não faz nenhum sentido de termos biológicos, de pegar um caso concreto, e também uma situação que uso em sala de aula: se pegar uma mulher que tenha um alelo do BRCA1, BRCA2 e que tenha uma probabilidade deter câncer de mama, e essa mulher (não termina a frase). E daí vem à utilidade da informação genética: se essa mulher for mapeada em uma idade tenra e se um médico percebe a presença desses alelos, ela pode ser aconselhado à um estabelecimento de certo tipo de vida que a proteja de outros fatores risco para ter câncer de mama. E quando ela tiver 45 anos de idade pode ser que tenha menor chance de ter câncer de mama, mesmo tendo os alelos BRCA1e BRCA2, do que uma outra mulher que, teve filhos muito tarde, teve uma dieta rica em lipídios, ou seja, que esteja sujeita a todos os outros fatores de risco para o câncer de mama de ordem ambiental e de estilo de vida. Essa segunda mulher com 45 anos pode ter câncer de mama do que aquela que tem os alelos BRCA 1 e BRCA2, ou seja, a pergunta que fica é ‘numa loteria de fatores de risco, onde há inúmeros fatores de risco diferentes, que se computam de modo muito complexos para gerar a probabilidade de você ter uma doença, por que os fatores genéticos devem ser aqueles que vão punir as pessoas, e não todos os outros?’ E eu não vejo como biólogo, por que atribuir aos fatores genéticos esse tipo de peso, agora não devemos levar a critica para com a genética longe demais! Ela está produzindo conhecimento que é extremamente útil! É útil para fazer certas coisas, mas não para você prevê o destino dos seres humanos!

b)

Porque ele não é um manual de instrução, e sim uma rede de influências!

É um sistema complexo, não é tão simples assim!

Falta ainda a construção de práticas de modelagens que sejam modelagens hierárquicas, que tratem os fenômenos biológicos pelo menos em três níveis, considerando o nível em que ocorre o fenômeno e como que influências de baixo para cima e de cima para baixo interagem



a ponto de produzir os fenômenos nesse nível, ou seja, a maioria das modelagens que temos de sistemas biológicos são de dois níveis: nível do sistema como um todo onde acontece o fenômeno e o nível dos mecanismos abaixo. Precisa haver procedimentos de modelagem que modelem também a inserção dos sistemas em sistemas ainda mais amplos e também uma abordagem que leve mais em conta a organização espaço temporal dos sistemas biológicos, sua composição e dos mecanismos moleculares. Essa é minha visão sobre o rumo pelo qual poderíamos caminhar com a pesquisa! Agora, isso é muito mais o estabelecimento do tamanho do desafio do que uma promessa de resposta! Porque aprendemos desde o século XVII a fazer experimentos, somos bons em fazer experimentos, mas o experimento é por definição o método que me leva do todo para a parte, porque depende de você separar variáveis para poder controlá-la. Temos procedimentos atualmente que nos levam da parte para o todo como a análise de redes complexas, modelagens em síriaco, que evidentemente são técnicas que temos na mão há duas décadas quando muito, e não sabemos usá-las tão bem quanto o experimento! Talvez precisemos de mais uns duzentos anos para poder utilizá-las!

7)

A metáfora esta toda errada! Não tem software e hardware, não é assim! O DNA não é um software e a célula um hardware, porque a informação está distribuída pela célula, ou seja, os sistemas computacionais manejam informações diferentes dos sistemas vivos. O sistema vivo trabalha com informação difusa, informação em paralelo, então não tem como fazer isso! Esse projeto parte de uma perspectiva no meu entender equivocada em relação aos organismos que foca toda a informação no nível do DNA, no máximo aceita que o RNA tem informação e proteína por ser derivada do DNA.

8)

De otimismo com certeza! Se você ler os trabalhos da genômica e biologia molecular hoje, o que você vê na verdade é um discurso ainda de promessas para se entender cada vez mais. Creio que o momento ainda é de otimismo, e creio também que por mais que devamos criticar o determinismo e os exageros, de fato a biologia vive, em parte por causa dos resultados da genômica funcional e estrutural, vivemos um momento muito interessante. Isso está transformando completamente nossa compreensão dos sistemas vivos, agora se deixarmos de lado essa 'dama reducionista' que nos acompanha as coisas serão bem melhores! Poderemos dar saltos muito maiores! De qualquer forma, a biologia esta sendo transformado diante de nossos olhos. O momento é de muito otimismo!

9)

Não concordo com essa afirmação. Não há critérios para sabermos se estamos se aproximando gradualmente da realidade.

Essa idéia de realismo de convergência é uma idéia que vários autores defendem de que já que não há verdade absoluta, chegará bem pertinho, como numa assíntota!

Agora, concordo com Ian Hacking no seu livro *Representing and Intervening*, ele dedica uma sessão muito interessante a essas idéias. Ele analisa várias possibilidades de realismo de convergência e conclui que não tem como dizer, pois não há um parâmetro. Você não tem acesso ao real para ter um parâmetro e saber se você está se aproximando ou não.

O fato de que você tem sucesso nos modelos, usamos os modelos, pois os modelos são capazes de dar conta das tarefas que propomos a eles, mostra o valor pragmático dos modelos. Mas não vejo como se possa fazer uma inferência do valor pragmático para o conhecimento da realidade.

Se pegarmos o caso da física quântica, por exemplo, que ao longo do século XX a interpretação de Copenhague foi dominante, e a interpretação de Copenhague é exatamente a

interpretação que abriu mão de falar sobre a realidade quântica, abandonou completamente um projeto de falar sobre a realidade e assumiu uma visão completamente instrumentalista, sendo capaz de produzir modelos que foram muito poderosos em termos pragmáticos.

Então temos uma ciência que abandonou o projeto de modelar a realidade e continuou tendo grande valor pragmático. Então o valor pragmático dos nossos modelos não parece implicar necessariamente em que a gente está sabendo alguma coisa da realidade.

Não tem como fazer um raciocínio de aproximação via assíntota.

Agora o que é importante quando discutimos essa questão da realidade: é o problema de que há duas discussões sendo feitas ao mesmo tempo; elas são geralmente misturadas uma com a outra e isso gera a maior confusão.

Uma discussão é de caráter mais ontológico e a outra é de caráter epistemológico.

A de caráter epistemológico é a que está formulada na idéia da assíntota, que uma discussão a relação entre o conhecimento e a realidade. E nesse caso, a idéia da assíntota é de que o conhecimento vai se aproximando cada vez mais da realidade. Isso é uma coisa que podemos chamar de realismo de teorias. E no meu entendimento essa visão é falsa. Não temos jamais como fazer uma inferência em relação ao conhecimento e realidade.

Devemos julgar, portanto, o valor de nosso conhecimento pelas conseqüências pragmáticas que seguem do conhecimento, o que chamo de eficácia pragmática. E para mim esse é o único juízo a ser feito, claro que há também outros juízos: de consistência lógica, teórica do conhecimento. Mas, em relação a realidade o julgamento que considero é esse julgamento.

Agora, há também outro tipo de discussão que aparece nisso, que é a discussão sobre se a realidade existe ou não. Esta é uma discussão de caráter ontológico, e aí é outro tipo de discussão que podemos chamar de realismo de entidades.

Se as entidades sob as quais produzimos conhecimento existem ou não.

Nesse caso sigo Ian Hacking que é um autor que gosto muito, e o Hacking diz ‘você quer saber se isso é real, você irá fazer o seguinte com objeto, vou, por exemplo, espalhar elétrons. Daí você faz uma intervenção no mundo e os elétrons se espalham. Se eles se espalham eles devem existir!’

Ora, o mundo não é criado pela nossa cabeça, o que é criado pela nossa cabeça é nossa interpretação do mundo. Agora o mundo não é só interpretação. Existe o mundo externo, e me parece que a idéia de que ele existe vem do fato de que a gente produz intervenções nele e a prevemos o que irá acontecer com a intervenção, e muitas vezes, não sempre, o que previmos acontece. Que são idéias como: se você diz que irá espalhar elétrons, você espalha e então devem existir elétrons, mesmo que você não saiba o que é elétron e nunca vai saber de fato, nunca terá uma teoria absolutamente correta e verdadeira para existir elétrons.

Portanto, há uma confusão entre essas duas discussões que ocasionam um curto circuito, porque se passa da idéia de que o conhecimento é uma construção social, que eu absolutamente concordo, para uma idéia de que o próprio mundo do qual falamos é uma construção social também, e isso para mim não faz o menor sentido.

Eu gosto muito de uma brincadeira que um climatologista: ele foi para um congresso de um povo bem pós-moderno, e estavam discutindo o fato de que em certa cultura tradicional não existia orgasmo, porque eles não tinham uma palavra para designar orgasmo. Isso não faz sentido nenhum, podemos não ter uma palavra para respirar e nem por isso deixaremos de respirar. E isso é levar as coisas longe demais, é levar a idéia de construção sociolinguística a tal ponto que se você não nomeia uma coisa, uma coisa não existe. Isso não parece que faça muito sentido.