

O NASCIMENTO DA BIOLOGIA MOLECULAR: REVOLUÇÃO, REDUÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO - UM ENSAIO SOBRE MODELOS TEÓRICOS PARA DESCREVER MUDANÇA CIENTÍFICA

Marília Coutinho¹

RESUMO

O surgimento da biologia molecular é considerado um episódio espetacular no desenvolvimento das ciências da vida. Sua qualificação como revolução científica, no entanto, é questionável. Este episódio não se conforma ao modelo kuhniano de revoluções científicas. No entanto, também não pode ser descrito como uma redução teórica. Trata-se de uma descontinuidade, porém sem substituição teórica. Ao ampliar o estudo do episódio para incluir os grupos de cientistas envolvidos, sua organização e sua dinâmica, ele se parece muito mais com um processo de diversificação disciplinar. Os modelos propostos por L. Fleck e P. Bourdieu ajudam a examinar o jogo concorrencial que culminou nesta diversificação.

Palavras-chave: revolução científica; biologia molecular; genética; história da ciência; sociologia da ciência; disciplinas científicas; redução teórica.

THE BIRTH OF MOLECULAR BIOLOGY: REVOLUTION, REDUCTION AND DIVERSIFICATION – AN ESSAY ON THEORETICAL MODELS TO DESCRIBE THE SCIENTIFIC CHANGE

ABSTRACT

The birth of molecular biology is considered a dramatic episode in the development of the life sciences. However, whether it is a scientific revolution is disputable. It does not conform to the kuhnian model for scientific revolutions. Nor does it fit the theoretical reduction model. It is a discontinuity without theoretical substitution. If the groups of scientists and their dynamics are included in the analysis, the episode appears to be a process of disciplinary diversification. Two sociological models help us understand the disputes and power relations involved in it, those proposed by L. Fleck and P. Bourdieu.

Key words: scientific revolution; molecular biology; genetics; history of science; sociology of science; scientific disciplines; theoretical reduction.

¹ Doutora em Sociologia, professora do Departamento de Relações Internacionais da UnB C.P. 04561, Brasília, DF CEP: 70919-970. E.mail: marilia@ufl.edu

INTRODUÇÃO

A descoberta do código genético, em 1953, foi aclamada como *revolução científica* e resultou na laureação de J. Watson, F. Crick e M. Winkins com o prêmio Nobel. *Revolução científica* foi um título incorporado por uma parcela da comunidade acadêmica muito mais ampla do que a dos historiadores e filósofos da ciência. O impacto daquele fato científico, seus rápidos desdobramentos nas esferas institucionais e educacionais, bem como na prática da pesquisa científica, pareciam indicar uma profunda ruptura no desenvolvimento da genética.

Aparentemente, inovações tão espetaculares como as que representaram a descoberta da estrutura molecular dos ácidos nucleicos e, subseqüentemente, do funcionamento dessas estruturas, merecem de direito o título de revolução. *Revolução científica*, no entanto, é uma expressão que tem outras implicações teóricas. Um dos seus sentidos está associado ao surgimento da ciência moderna por meio da mecânica clássica, nos séculos XVI e XVII². Esse único episódio, diacronicamente recorrente segundo o campo de saber, teria merecido o título de revolução. Essa revolução teria principiado ao final do século XVI e terminado somente com a transposição do limiar de cientificidade das disciplinas tardias do século XIX, como a própria biologia. - Assim, o termo seria reservado a essas grandes modificações no tipo de racionalidade e, certamente, não é o que se tem em mente no nosso caso. O sentido mais comum para a *revolução científica* da biologia molecular é aquele formulado por Kuhn em seu trabalho antológico *The Structure of Scientific Revolutions* (Kuhn, 1962). A revolução kuhniana seria um processo no qual um paradigma científico dominante seria substituído por outro após uma seqüência de acontecimentos que caracteriza a etapa de “crise” da disciplina. Poucos episódios da história da Biologia se aproximaram tanto das características esperadas de uma revolução kuhniana quanto o surgimento da biologia molecular. Mas seria mesmo possível confirmar o diagnóstico segundo o qual ele é uma revolução científica? Quais seriam os requisitos para isto?

Uma perspectiva antagônica é aquela representada pelos defensores da redução. Grosseiramente, segundo essa abordagem a velha teoria (genética mendeliana) teria sido *absorvida* pela nova teoria por meio do processo de

² Veja, por exemplo, A.G. Smith, *A revolução científica nos séculos XVI e XVII* (Lisboa, 1973).

redução teórica. Dentro dessa perspectiva, a velha teoria é um caso particular da nova, mais universal, e poderia ser deduzida desta última.

Tanto uma como a outra interpretação deste episódio da história das ciências tem seus defensores e seus críticos e não há uma interpretação indiscutivelmente “dominante”. A controvérsia sobre a interpretação de episódios da história das ciências em geral reflete o confronto de modelos filosóficos do conhecimento científico. O caso aqui examinado não foge à regra: o confronto entre o modelo kuhniano e as interpretações continuistas já tem uma longa história. Talvez já tenha até mesmo esgotado seu potencial para gerar questões interessantes para a história e a filosofia das ciências. Meu objetivo aqui não é simplesmente reeditar o velho confronto, mas explorar alternativas.

Para que um modelo possa ser uma verdadeira alternativa, ele deve não somente conter uma interpretação onde o mesmo objeto seja visto de modo novo como deve permitir tirar novas conclusões. É justamente o que espero fazer neste caso onde ocorre uma visível descontinuidade do desenvolvimento da ciência sem necessariamente ter ocorrido substituição de perspectivas teóricas. É do exame da estrutura social dos grupos de cientistas, de suas hierarquias e consensos, de como os mesmos determinam os movimentos daqueles sujeitos e as feições do conhecimento por eles produzido, que pode ser lançada uma nova luz sobre processos como este, que se aproximam muito mais da *diversificação disciplinar*.

Dois modelos sociológicos que contemplam a estrutura social dos grupos de cientistas servirão a estes propósitos: o de L. Fleck e o de P. Bourdieu. P. Bourdieu foi escolhido por ser um dos autores que mais claramente aborda a ciência como um jogo concorrencial, de poder e interesses.

O DESENVOLVIMENTO DESCONTÍNUO DA CIÊNCIA: A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA DE KUHN

O que *The Structure of Scientific Revolutions* de T. Kuhn (1970) apresenta é, mais do que um modelo dos aspectos sociológicos estruturais da ciência, um modelo de desenvolvimento científico. Para Kuhn, a ciência é uma atividade empreendida por um grupo de especialistas que se caracteriza por progredir

por meio de revoluções, sejam elas espetaculares ou silenciosas. Elas seriam episódios rápidos e intensos separados por longos períodos de *ciência normal*.

As disciplinas científicas atingiriam um primeiro estágio de maturidade mediante a aquisição de um paradigma. Como o paradigma é a estrutura que guia o “fazer” científico sob o ponto de vista conceitual e prático, o período que antecede essa aquisição é caracterizado por uma atividade relativamente caótica:

In the absence of a paradigm or some candidate for paradigm, all of the facts that could possibly pertain to the development of a given science are likely to seem equally relevant (Kuhn, 1970, p.15).

Kuhn descreve esta condição epistemologicamente. No entanto, a definição circular de que a *paradigm is what the members of a scientific community share, and, conversely, a scientific community consists of men who share a paradigm* (p.176) sugere que a etapa pré-paradigmática seja um período em que as relações entre os “praticantes” (daquilo que será ciência) são pouco estruturadas. Ainda não constituiriam uma comunidade científica. Nesse período se multiplicariam as “escolas” teóricas, caracterizadas por divergências e disputas. Com o triunfo de uma das escolas pré-paradigmáticas, todas as demais e a divergência existente entre elas desapareceriam por completo, em função da adesão de seus membros à nova abordagem - agora com “status” de paradigma.

Vejam os quais seriam as propriedades capazes de conferir ao paradigma o poder de exercer seu efeito. Seguirei aqui a sistematização apresentada por Kuhn no postscript de 1969 a *The Structure*, que o autor apresentou tendo em vista as leituras, a seu ver equivocadas, do texto de 1962. Kuhn afirma que o termo paradigma é usado no seu livro em dois sentidos diferentes: o primeiro é um sentido mais genérico, que diz respeito ao sistema de crenças, valores e técnicas partilhados pelos membros de uma dada comunidade. É nesse sentido que ele se refere às *visões de mundo* associadas aos paradigmas, tão *incomensuráveis* quanto os próprios. O segundo sentido diz respeito a um componente desse sentido mais amplo, e se refere, especificamente, às *abordagens*, aos sistemas de “solução de enigmas”. Aquele primeiro sentido é renomeado “matriz disciplinar” tendo como principais componentes as *generalizações simbólicas* (enunciados que expressam leis bem como definições de símbolos), as *partes metafísicas dos paradigmas* (que suprem

a comunidade com modelos e metáforas permitidos) e os *valores*. O segundo sentido se refere ao paradigma como o que Kuhn chama de *exemplars*. Vêm a ser os exemplos partilhados pelos membros de uma comunidade, usos concretos dos conceitos que indicam a forma de reproduzir estes mesmos usos.

Este último elemento contém a propriedade de autopropetuação dos paradigmas, que se expressa eficientemente durante os períodos de *ciência normal*. Durante esta etapa, a comunidade científica se dedicaria integralmente a fortalecer o paradigma disponível: a seleção dos fatos significativos, sua adequada abordagem pelo paradigma e a melhor articulação teórica deste consumiriam todo o tempo da comunidade, até o momento em que surja uma *anomalia*. Anomalias são novidades factuais ou teóricas que não são compatíveis com o paradigma existente. Na perspectiva de Kuhn, seriam “surpresas da natureza”³, e seu reconhecimento proporcionaria as descobertas científicas:

Discovery comences with the awareness of anomaly, i.e. with the recognition that nature has somehow violated the paradigm-induced expectations that govern normal science (Kuhn, 1970, p. 52-53).

A consciência da existência de anomalias e o fracasso persistente do paradigma em dar conta destes enigmas levam a comunidade a um estado de insegurança. O fracasso das regras vigentes é então o estímulo para a busca de novas regras. Nessas condições podem surgir novas teorias. O sentido de “teoria” aqui é praticamente sempre intercambiável com o de “paradigma”. Rejeitada uma teoria, aceita-se outra. Rejeitado um paradigma, aceita-se o melhor candidato a sua substituição.

O percurso, no entanto, é mais acidentado. Não é qualquer anomalia que é capaz de provocar uma crise na ciência. São anomalias especiais, fundamentais, embora o critério para detectá-las seja fugidio. Uma vez deflagrada uma crise, essa anomalia passa a não ser mais vista como um simples enigma, mas como um desafio ao paradigma. A partir desse momento, a comunidade passa a se dedicar ao que Kuhn chama de *ciência extraordinária*. A ciência extraordinária se caracteriza pelo gradual abandono das regras da ciência normal, e, nesse

³ É importante esclarecer que a interpretação mais pertinente ao contexto da obra de Kuhn quanto à citação abaixo favorece a idéia da emergência da anomalia - da “surpresa” - não como irrompimento de um “fato bruto”, de uma natureza capaz de se revelar através dos obstáculos conceituais, mas, ao contrário, de alterações no próprio aparato cognitivo que permitem tais fenômenos.

sentido, assemelha-se a um período pré-paradigmático. O estímulo proporcionado pelo reconhecimento da anomalia frequentemente provoca a proliferação de descobertas. Diante de toda esta atmosfera de insegurança e apreensão, uma das respostas observadas na comunidade científica seria a tendência a refletir sobre o próprio fazer científico e dedicar-se a análises filosóficas.

Revoluções científicas são, para Kuhn, episódios de desenvolvimento não cumulativo em que um paradigma velho é substituído no todo ou em parte por um novo paradigma, incompatível com o anterior. Kuhn admite que os paradigmas são constructos integrados e que todos os termos utilizados são *teoricamente carregados (theory laden)*, de modo que não há uma linguagem observacional neutra que proporcione tradução, comparação e conseqüentemente opção baseada em elementos lógicos. Assim sendo, para compreender um episódio desse tipo, seria necessário examinar as técnicas de argumentação persuasiva utilizadas entre os membros da comunidade, polarizada entre paradigmas rivais.

Para examinar a pertinência do modelo kuhniano para o surgimento da biologia molecular, é preciso definir alguns elementos: quando se passa a revolução, qual é o velho paradigma e qual o novo. Parece haver relativo consenso quanto ao fato de que o episódio decisivo deste processo de mudança científica foi a descoberta da estrutura helicoidal do DNA por J. Watson e F. Crick em 1953 (Hull, 1975; Mayr, 1982; Fischer & C. Lipson, 1988; Ruse, 1988). Porém, aparentemente, esta data marcou o *final* de um processo que teria iniciado por volta do início dos anos 40⁴ (Mayr, 1982; Fischer & Lipson, 1988). Assim sendo, no início dos anos 40 ou final dos anos 30, deveríamos encontrar o velho paradigma na sua forma mais acabada, apresentando, no entanto, quantidade crítica de anomalias reconhecidas.

A “redescoberta” das leis de Mendel⁵ deu-se em 1900 por três pesquisadores independentes: Hugo De Vries, Carl Correns e Erich Tschermak. A genética só apareceu como disciplina científica a partir da mencionada “redescoberta”.

⁴ Esta questão é discutida mais adiante, no ítem Nasce uma nova disciplina? A seqüência de eventos que teria marcado o processo de mudança científica representado pelo surgimento da biologia molecular é apresentada no apêndice.

⁵ 1ª lei de Mendel: os alelos se segregam durante a formação dos gametas em igual número de gametas; 2ª lei de Mendel: diferentes pares de genes segregam-se independentemente.

Segundo Mayr, a primeira etapa do desenvolvimento da genética vai até 1909. Seria um período dominado por controvérsias evolucionárias e dúvidas quanto à validade universal da herança mendeliana. O segundo período, que se inicia em 1910, foi dominado pela escola de Morgan (Mayr, 1982). Este era ainda o grupo dominante no início dos anos 40 quando começam a se definir os contornos da biologia molecular.

Durante esses trinta anos, considerados como os anos de desenvolvimento teórico da genética (“articulação do paradigma”), a produção intelectual foi intensa (Mayr, 1982). Vamos nos deter no conceito (ou nas idéias) de gene da genética antes da Segunda Guerra Mundial:

1. o material genético é particulado e consiste de unidades chamadas genes;
2. os genes são corpúsculos discretos que se dispõem linearmente como contas de um colar, constituindo as estruturas chamadas cromossomos;
3. em indivíduos de espécies que se reproduzem sexualmente, cada gene é normalmente representado duas vezes, sendo uma das unidades derivada do pai e a outra da mãe;
4. os genes se mantêm constantes na transmissão de geração em geração, exceto pela rara ocorrência de mutações. Mutações são consideradas pequenas alterações da molécula do gene que resultam numa forma alternativa deste, conhecida como alelo;
5. os genes são independentes de seus vizinhos e não têm efeito sobre eles, exceto pelos casos de efeito de posição;
6. os genes são as unidades de função, pois cada gene controla ou afeta um caráter.
7. os genes são as unidades de mutação, pois cada gene sofre mutação independentemente dos outros;
8. os genes são as unidades de recombinação, porque podem ser separados de seus vizinhos mais próximos no cromossomo pelo processo de *crossing over*, que é considerado a quebra mecânica do “colar de contas”, seguida por nova fusão com o pedaço homólogo de cromossomo quebrado (Mayr, 1982).

Hull (1975) aponta alguns dilemas conceituais e alguns desafios que a genética clássica sofria na época. Os dilemas conceituais referem-se aos critérios utilizados para definir o gene. Dois genes que ocupam o mesmo *locus* (posição) e afetam o mesmo traço (função) eram considerados casos do mesmo gene. No entanto, admitia-se também o efeito de posição, pelo qual o mesmo gene poderia funcionar diferentemente em lugares distintos, podendo além disso afetar outros genes. Continuariam estes genes sendo os mesmos genes, tendo sido alteradas sua posição e função? Os geneticistas consideravam que sim, o que significa que aplicavam aí o critério estrutural: era o mesmo gene porque era a mesma estrutura, o mesmo “corpúsculo”. Hull considera que isto se chocava com as definições operacionais aceitas então. Porém, mais do que isso, a estrutura remetia os geneticistas para o desconfortável terreno da desconhecida natureza do gene.

Hull (1975) aponta também para a proliferação de hipóteses *ad hoc*⁶ relativas ao conceito vigente de dominância e à pureza do heterozigoto, idéias em relação às quais cresciam as evidências contrárias (que poderiam ser interpretadas como as anomalias do modelo kuhniano). Acumulavam-se, também, dúvidas quanto às causas da dominância, quanto ao mecanismo das mutações e quanto à recombinação. Todas elas remetiam ao mistério sobre a natureza do gene.

As descobertas da biologia molecular, particularmente a elucidação da estrutura molecular do DNA e as que a sucederam (deciframento do código e outras - veja apêndice com a cronologia dos acontecimentos), de fato resolveriam - como afirma Hull - todas estas dúvidas. Os elementos mais importantes destas descobertas poderiam muito simplificarmente ser resumidos assim:

1. a estrutura de DNA consiste de duas cadeias polinucleotídicas helicoidais com um eixo comum. As bases purínicas e pirimidínicas (adenina, timina, guanina e citosina, representadas como A,T,G,C) estão no interior da hélice, enquanto o fosfato e a desoxirribose estão no exterior. As duas cadeias são unidas por pontes de hidrogênio e adenina está sempre pareada com timina, enquanto guanina sempre parecia com citosina (Watson & Crick, 1953a);

⁶ É importante lembrar que Kuhn aponta a proliferação de hipótese *ad hoc* como uma das características do período de crise.

2. a replicação do DNA é semiconservativa, cada lado da cadeia agindo como modelo para uma nova cadeia complementar (Watson & Crick 1953b; Meselson & Stahl, 1958);

3. o DNA é transcrito numa molécula de RNA que por sua vez é traduzida em proteína. Este fluxo de informação envolve uma molécula de RNA mensageiro, moléculas de RNA transferidor para os aminoácidos, além do RNA ribossomal (Jacob & Monod, 1961 e outros);

4. o código consiste de seqüências de três bases, sendo cada seqüência correspondente a um aminoácido. Muitos aminoácidos são designados por mais de uma trinca (o código é “degenerado”) (Crick *et al.*, 1961).

Mas para a biologia molecular, o conceito de gene passou a representar uma dificuldade teórica: cistrons, operons e outras unidades funcionais hierarquicamente organizadas no genoma passaram a ser propostas e utilizadas. Mesmo assim, ela conta com o conceito de gene assim definido:

1. genes estruturais são segmentos de DNA que codificam cadeias polipeptídicas ou seqüências de RNA;

2. outras seqüências têm papel regulador da atividade gênica (genes reguladores).

3. um operon consiste de um grupo de genes estruturais funcionalmente relacionados que podem ser ativados ou desativados coordenadamente, junto com seu operador (Lehninger, 1982).

A genética teria passado por um momento de crise, com a multiplicação de anomalias (os dilemas e desafios), um período de ciência extraordinária - que poderia ser identificado na década de 40, quando eram feitas pesquisas com variadas orientações, quando surgiam muitas descobertas importantes e, ainda, não se dispunha de uma definição molecular coerente do gene – e, finalmente, uma substituição do velho pelo novo paradigma.

Esta interpretação tem, porém, dois problemas. O primeiro refere-se ao efeito das descobertas da biologia molecular sobre o conceito de gene da genética. Para a genética, não houve uma substituição do conceito, e sim uma correção. Sem dúvida nenhuma, foi uma grande correção, extensiva a todas as definições importantes. Mas o gene continua sendo definido quanto à sua

transmissão, quanto à associação com caracteres, quanto aos mecanismos de sua segregação, etc. Qual teria sido, então, o efeito conceitual das descobertas da biologia molecular? Um deles foi corrigir e precisar as definições da genética que acabamos de examinar. Compreendia-se, assim, a relação entre os genes e os caracteres, a natureza das mutações e o mecanismo das recombinações. Os fenômenos moleculares associados aos efeitos de dominância, de posição, etc., ficavam, se não esclarecidos, pelo menos com um campo de explicações definido. Mas o segundo efeito foi o de estabelecer as bases conceituais da própria biologia molecular, que dispensa qualquer definição quanto à transmissão e segregação dos genes nos organismos, e muito menos quanto à sua distribuição na população.

Outro problema diz respeito às generalizações simbólicas. Pela definição de Kuhn, sua matriz disciplinar é constituída de generalizações simbólicas, de partes metafísicas do paradigma, de valores e de exemplos partilhados. As generalizações simbólicas mais preciosas da genética, as leis de Mendel, não foram substituídas. Em qualquer compêndio de genética⁷ posterior à incorporação institucional da biologia molecular⁸ é possível constatar o lugar de destaque desse tópico.

Foram examinados seis livros-textos⁹ e quase todos dedicavam espaço relativamente importante às leis de Mendel e aos princípios do que, geralmente, chamam de “mendelismo”. Dois deles são, majoritariamente, dedicados à abordagem molecular do gene, e num deles (Strickberger, 1968) as leis de Mendel aparecem num capítulo intitulado *Transmission and distribution of genetic material*, sem nenhuma referência nominal às leis de Mendel, mendelismo ou herança mendeliana. Mas esta não é a regra e o lugar de destaque para estes princípios é em geral garantido. A presença de capítulos especiais para estatística e probabilidade - instrumentos quantitativos necessários à genética de transmissão mas não necessariamente à biologia molecular - também não é

⁷ Os livros-textos do ensino superior são documentos extremamente importantes para o historiador da ciência: considerando que os processos fundamentais de inculcação de esquemas de percepção que formam o perfil profissional do cientista ocorrem neste estágio, os livros-textos contêm os roteiros para tanto.

⁸ Isto ocorre principalmente durante a década de 60.

⁹ A.M. Srb *et al.*, *General Genetics* (San Francisco, 1965); M.W. Strickberger, *Genetics* (New York, 1968); A.M. Winchester, *Genetics: a survey of the principles of heredity* (New York, 1972); G.W. Burns, *The science of genetics* (New York, 1976); M.W. Farnsworth, *Genetics* (New York, 1978); U. Goodenough, *Genetics* (New York, 1978).

obrigatória, mas é freqüente. Finalmente, é fácil observar que nunca faltam um ou mais capítulos à genética de populações, atestando sua importância relativa.

É difícil avaliar as “partes metafísicas dos paradigmas”. Mudanças no emprego de metáforas e modelos implicam grandes transformações semânticas. A produção de metáforas e o uso de modelos envolvem alterações na atribuição de sentido, sempre dependente de contexto. Mas alguns exemplos mostram que estas transformações foram provavelmente limitadas:

When a number of genes are discovered that affect the same trait, we need some test in order to decide if these genes are alleles or not. This is necessary because sometimes genes at different loci - not alleles - affect the same trait (Winchester, 1972, p.212)

Man is a genetic animal; each of us is the procedent of a long series of matings. People differ among themselves with regard to the expression of many traits (Burns, 1976, p.1).

Estas passagens e o uso para representar os genes, de letras que lembram traços a eles associados (AA, Aa, aa, por exemplo) sugerem que a auto-representação da genética como ciência da transmissão de *traços* persiste. O gene é de fato identificado (a despeito de todas as ressalvas em contrário) com o caráter que representa, desta vez não por desconhecimento da natureza do gene ou por ambigüidade conceitual. Essa identificação é produto da configuração de temas e problemas pertinentes à genética, segundo a qual o que importa é a marca do caráter. Quando se estuda a distribuição de um gene e se batiza esse gene de X, quando se persegue sua trajetória na população e quando se chama seus alelos de Xx, XX e xx, a imagem é de uma entidade discreta de transmissão - nesse sentido, na mesma categoria de bolinhas, caixinhas, ou outras unidades descontínuas e individualizadas.

Deixo de lado a análise dos “valores” e sigo para o que Kuhn chama de exemplos compartilhados. Neste componente eu acrescentaria as metodologias normalmente utilizadas, pois são uma importante instância de operacionalização de um conceito. E aqui não resta dúvida que os consensos relativos à pertinência de objetos, abordagens e metodologias não foram afetados pela biologia molecular. Foram acrescentados novos itens às três categorias: objetos, abordagens e metodologias. Mas dificilmente pode haver ilustração mais significativa de sua persistência do que a continuidade da grande linha de pesquisa

genética em *Drosophila*, dominante nos anos 40 e que continuou a produzir resultados importantes para o campo utilizando muitas das mesmas técnicas de hibridização de antes (Lindsley, 1967; Ashburner *et al.*; 1983; 1986). Outro exemplo importante é a pesquisa em genética de populações. A genética de populações floresceu justamente durante o período em que deveríamos considerar que o acúmulo das anomalias se tornaria crítico - dos anos 30 aos 40 (Mayr, 1982, p.794). . Essa linha de pesquisa continuou sendo desenvolvida, acrescentando novas metodologias às anteriores e dando continuidade ao “compartilhamento de exemplos” da genética de transmissão. Os conceitos utilizados são os conceitos fundamentais daquela (Provine, 1971; Wallace, 1981; Hedrick, 1983) e aparentemente seus praticantes a concebem como uma extensão ou aplicação do “mendelismo”. Provine (1971) apresenta a Genética de Populações como uma síntese do Mendelismo, do Darwinismo e da Biometria, e, segundo Wallace.

*Although they have not been as spectacular as the recent advances in molecular technologies, advances in the mathematical aspects of population genetics, and of population biology generally, have also occurred. Many of these have come from the interest of professional mathematicians in the **logical extensions that can be erected on Mendelian inheritance, on birth rates and death rates, and on resource utilization** (Wallace, 1981, p.ix, negrito meu).*

A descoberta da natureza do material genético substituiu, sim, algumas definições importantes para a conceituação do gene. Mas acho difícil, diante das evidências, considerar que um grande paradigma caiu por terra, arrastando consigo toda uma “visão de mundo”, permitindo que a comunidade acolhesse um novo e incomensurável paradigma.

E isso nos traz a uma última consideração importante: é certo que no momento do surgimento do “novo paradigma” da biologia molecular havia dois “paradigmas” incomensuráveis. No único terreno em que um e outro se referiam às mesmas entidades, os genes, conceituavam-nas diferentemente. No entanto, a biologia molecular e a genética contemporânea continuam tão incomensuráveis quanto a biologia molecular e a genética dos anos 40, sem se mostrarem excludentes. São, na verdade, tão incomensuráveis quanto quaisquer *duas disciplinas científicas diferentes*.

Se a genética e a biologia molecular se assentam sobre dois paradigmas incomensuráveis, se o mais novo destes paradigmas surgiu no contexto das demandas suscitadas pelo mais velho (e isso ocorreu: foram respostas ao que Mayr (1982) chama de *dark corner in transmission genetics* - a natureza do gene) e se a velha disciplina não foi reorganizada de cima a baixo nas bases do novo paradigma (e não foi), então *não* ocorreu uma revolução científica como a descreve Kuhn.

O CONTINUISMO E A REDUÇÃO

Muito trabalho foi feito sobre a suposta redução da genética clássica à biologia molecular, e, provavelmente, o autor que mais se dedicou ao tema foi Hull (1972; 1975; 1979). De modo que não pretendo aqui senão fazer um breve resumo dos argumentos, e remeto para aquele autor o leitor interessado em revisões mais extensas sobre redução.

Antes de mais nada, é preciso fazer algumas considerações sobre a idéia de redução, idéia controversa que divide as opiniões entre os comentadores da filosofia das ciências. De uma maneira muito simplificada, a idéia de redução que se pode apreender de todos os seus diferentes proponentes é a de que se trata de uma relação entre teorias diferentes de tal modo que a teoria reduzida de alguma maneira possa ser derivada da teoria redutora. O modelo kuhniano se confronta diretamente com esta idéia, visto que se assenta na concepção de incomensurabilidade entre teorias. No entanto, os proponentes da redução admitem que as teorias só podem ser comparadas para efeito de se diagnosticar redução em sua forma axiomatizada, ou, melhor ainda, corrigida (Schaffner, 1967) e axiomatizada. Parece estar aí a raiz da controvérsia: é possível fazer reconstruções racionais de discursos científicos, ou seja, é possível descontextualizar enunciados preservando seu sentido original? Além de Kuhn, outras teorias da linguagem respondem negativamente a esta questão¹⁰. Contra isso argumenta-se que o discurso científico é um tipo especial de discurso, onde a atribuição de sentido obedece a leis diferentes daquelas da linguagem comum. Aí estamos num terreno sem consenso, onde boa parte do trabalho filosófico

¹⁰ Veja por exemplo M. Dascal, *Problemas, críticas, perspectivas da lingüística - IV Pragmática* (Campinas, 1982). Veja também H. Parret, *Enunciação e pragmática* (Campinas, 1988) e S. Possenti, *Discurso, estilo e subjetividade* (São Paulo, 1988).

sobre a ciência admite esta especificidade, enquanto a maior parte do trabalho histórico, antropológico e sociológico parte da premissa contrária a ela.

Supondo que fosse válida a perspectiva reducionista, vejamos como ela se concretizaria no caso da genética e da biologia molecular. Segundo Schaffner (talvez o mais “benevolente” dos reducionistas), para se estabelecer redução entre duas teorias, a teoria reduzida tem que ser corrigida. Entre a teoria original e a teoria corrigida deve haver “forte analogia”. Entre a teoria corrigida e a teoria redutora devem ser construídas funções de redução que associem os termos de uma aos termos da outra. Procedendo assim, deve ser possível deduzir a teoria reduzida da teoria redutora. Hull (1975) assume que a teoria original é a “genética mendeliana clássica”, a corrigida é a “moderna genética de transmissão” e a redutora é naturalmente a biologia molecular. A primeira dificuldade reside em pretender que o produto histórico do desenvolvimento de uma disciplina seja sua reconstrução racional. Ignorando isso, passemos a considerar o estabelecimento da função de redução que associa o principal “termo de classe”, o gene, representado numa teoria e noutra. Deve ser encontrada uma função que associe uma entidade da biologia molecular a um ou mais genes mendelianos. Isso não é possível, uma vez que várias entidades diferentes podem ser associadas a genes mendelianos, segundo Hull. Este mesmo autor se encarrega de desmontar a função de redução que Schaffner construiu para o termo “*dominante*”. Schaffner (1967) propôs que um gene seria dominante quando o segmento de DNA correspondente fosse capaz de dirigir a síntese de uma enzima ativa. Este enunciado nem mesmo faz sentido, pois não somente é incompleto como não é verdadeiro: Hull cita a codificação de proteínas não enzimáticas e a inexpressividade apenas relativa dos produtos do gene. Mas sabemos hoje que a situação é infinitamente mais complexa.

Para finalizar, todos partem do princípio de que a redução ocorre entre uma “teoria anterior e menos adequada” e uma “teoria posterior e mais adequada” (Hull, 1975, p. 53). Menos adequada a quê? A genética de transmissão é muito mais adequada (aliás, é a única disciplina adequada) para se estudar problemas de transmissão do que a biologia molecular, que por sua vez é muito mais adequada para se estudar a estrutura e funcionamento químico das macromoléculas, incluindo segmentos de DNA.

Como se vê, a interpretação reducionista não resiste. Sua persistência e insistente recorrência na discussão sobre o desenvolvimento da biologia reflete,

aparentemente, o desejo dos mais consagrados filósofos da biologia (bem como biólogos igualmente consagrados) em ver confirmada a perspectiva continuista (e portanto otimista) do desenvolvimento científico. Apesar de alguns sugerirem uma certa desconfiança por parte da comunidade de biólogos em relação ao reducionismo (Hull, 1975), o discurso de muitos biólogos e dos filósofos da biologia revela não apenas simpatia como um certo fascínio por ele. Os biógrafos (e antigos colaboradores) de M. Delbrück¹¹, Fischer & Lipson (1988) afirmam o seguinte:

The Phage courses at Cold Spring Harbor mark the onset of biology as an exact science. The science of life became connected to the well-defined branches of physics and chemistry. From this point on, Max would distinguish Cold Spring Harbor “graduates” from those who had “never taken the phage course”. In a more contemptuous way, he would also describe the old method of doing biology as “stamp-collecting” (Fischer & Lipson, 1988, p.158).

Também S.E. Luria, colaborador de Delbrück, ganhador do Prêmio Nobel em associação com este e também um dos pioneiros da biologia molecular afirma que

Converteram a Genética, de uma ciência puramente biológica, em uma ciência química - Genética molecular - e identificaram os genes individuais com porções específicas de moléculas de ácido nucleico (negrito meu; Luria, 1979, p.33).

M. Ruse, um dos mais consagrados filósofos da biologia¹², expressa assim seu otimismo em relação ao programa reducionista:

But is methodological reductionism in biology an overridingly good strategy, to be pursued just as far as possible and to be abandoned only reluctantly when one reaches a dead end? Or is a total commitment to methodological reductionism a bad policy, philosophically cramping and leading to thin, arid science? (...) At the molecular-conventional interface, my sense is that philosophers (like biologists) generally think it should be encouraged (Ruse, 1988, p.26).

E mesmo expressando ponto de vista semelhante ao de Hull, segundo o qual redução teórica como a concebem os filósofos analíticos dificilmente poderá

¹¹ M. Delbrück foi uma das figuras mais importantes na formação da biologia molecular.

¹² M. Ruse não apenas é autor de vários livros e artigos no assunto como é editor do único periódico especificamente dedicado à filosofia da biologia, *Biology & Philosophy*.

ser estabelecida entre a genética e a biologia molecular, expressa sua convicção de que ainda assim seria a melhor explicação para a relação entre as duas.

But, second, the reductionist's ideal is not simply a philosophical fantasy, sought only by those with no real feeling for biological science.(p.28). (...) As so often happens in science, there is rather more to the story than this, but not such as to affect the point just made. If a theoretical reduction occurred - admittedly something which would be most difficult to spell out in full - then the sorts of effects that molecular biology has had make sense. Otherwise, one has to find some other analysis for the ways in which molecular and conventional biologists seem to have found a meeting point (Ruse, 1988, p.29).

Finalizando, afirmações como esta e como o ponto de vista de Hull (1975) a seguir, só podem ser interpretados como expressões de um profundo desejo, de uma fé que se mantém num ideal normativo para a ciência, a despeito de todas as dificuldades de sua implementação. Pois a “sensação” de que a idéia de redução “faz sentido” ou sua aceitação por “intuições pré-analíticas”, seja lá o que for isso, dificilmente podem ser interpretadas de outra forma.

(...) Talvez nenhuma transição em ciência valha como redução, num sentido extremamente rigoroso do termo, mas algumas aproximam-se mais do que outras do ideal redutivo (Hull, 1975, p.28). Se o argumento precedente é convincente, então os empiristas lógicos defrontam-se com um dilema. Se a análise da redução pelos empiristas lógicos é correta, então a genética mendeliana não pode ser reduzida à genética molecular. A tão esperada redução de uma teoria biológica à Física e Química resulta, no fim de contas, não ser um caso de “redução”, mas um exemplo de substituição. Mas, dadas as nossas intuições pré-analíticas sobre redução, é um caso de redução, um caso paradigmático (p. 68).

NASCE UMA NOVA DISCIPLINA?

Se não houve redução, se houve de fato um episódio de descontinuidade no desenvolvimento do conhecimento acerca do material hereditário, então podemos aqui desprezar os modelos de desenvolvimento cumulativo da ciência. Se não houve falsificação - e certamente não houve! - também podemos deixar de lado a interpretação popperiana. No entanto, pelo que vimos até aqui, nada parecido a uma típica revolução kuhniana aconteceu nesse campo, pois o que

orienta as pesquisas em genética não é nem a perspectiva molecular, nem o arcabouço teórico intacto da genética dos anos 20 ou 30. Numa linguagem kuhiana, seria algo como o velho paradigma reformado.

O que representaria então o nascimento da biologia molecular, se não uma profunda ruptura no desenvolvimento da genética? Representa aquilo que se afigurava desde o início e que seus protagonistas mais importantes apregoaram desde então: o nascimento de uma nova e poderosíssima disciplina biológica, com instrumentos conceituais e metodológicos (e hoje, institucionais) fortes o suficiente para sustentar sua pretensão de subsumir não somente a genética, porém toda a Biologia¹³.

FLECK

Vejam então quais seriam as determinantes mais importantes para a produção desse corpo conceitual-metodológico associado à biologia molecular. Como sugere Kuhn, o primeiro olhar deve ser lançado em direção às comunidades de especialistas envolvidas. Corroborando Kuhn, a história mostra que as comunidades são essencialmente conservadoras. Ao contrário dele, porém, as evidências indicam que elas são conservadoras o tempo todo, e não apenas durante os períodos de ciência normal. Se elas são conservadoras o tempo todo, então o que explicaria os fenômenos de mudança científica? Fleck (1986), um dos inspiradores de Kuhn, construiu um modelo que contempla essa característica e explica a mudança: os *coletivos de pensamento científico* seriam estruturas conservadoras e estratificadas. Fleck imagina esses estratos como círculos concêntricos, correspondentes a diferentes segmentos sociais, os quais exercem diferentes práticas. A “internalidade” representa o grau de compromisso com o *estilo de pensamento* do coletivo, e, certamente, também de fidelidade e conservadorismo. O coletivo de pensamento científico possuiria um círculo *esotérico* e um *exotérico*, no seu exterior. O círculo esotérico é por sua vez estratificado em: 1. um núcleo interno de especialistas específicos, associados à “ciência de revista”; 2. um círculo mais externo de especialistas gerais, associados à “ciência de manual”; 3. finalmente, um círculo mais externo ainda de estudantes, associados à “ciência de livro-texto”. O círculo exotérico

¹³ Veja por exemplo J. Monod, *Le hasard et la nécessité* (Paris, 1970), que ilustra esta intenção.

é composto pelo público culto e é associado à “ciência popular”. Considerando que os indivíduos podem pertencer, simultaneamente, a inúmeros círculos exotéricos e esotéricos, Fleck propõe um modelo de circulação de idéias. Esse transporte seria proporcionado pela mobilidade dos agentes sociais através de coletivos diferentes. A transformação dos conteúdos específicos de um estilo de pensamento seria promovida pela introdução de idéias estranhas a ele, garantida pelos mecanismos de circulação. Isto poderia ocorrer porque a introdução das novas idéias seria feita por agentes que não têm uma relação de fidelidade com o coletivo e, portanto, de conservadorismo conceitual, como os “nativos”.

BOURDIEU

No entanto, ainda fica faltando explicar porque os agentes responsáveis pela circulação de idéias poderiam, eficientemente, provocar um processo de mudança científica. Esta lacuna fica resolvida introduzindo as relações de poder internas aos grupos de cientistas e seus interesses, que orientam a atividade dos sujeitos. Esta atividade gera discursos científicos que se modificam, se diversificam, se fundem ou se substituem conforme sua condicionalidade social. O modelo de campo científico de Bourdieu (1987) introduz esse elemento. Para Bourdieu, a história de um tipo de produção intelectual - e a ciência é uma produção intelectual erudita - é a história da formação do campo que lhe corresponde, ou seja, da autonomização progressiva do sistema de relações de produção, circulação e consumo de *bens simbólicos* (os produtos da atividade científica). À medida que este processo progride, as práticas e os sistemas adotados pelos agentes para tomar posições no campo obedecem cada vez mais o princípio das funções que cabem aos diferentes grupos de produtores intelectuais. Essas funções estão associadas às posições que eles ocupam no sistema de produção simbólica em questão. Se os processos de qualquer sistema de produção de bens simbólicos estão associados à dinâmica dos públicos consumidores, o campo de produção erudita (e nele se inclui o campo científico) se define por ter como público consumidor os próprios produtores. Assim sendo, o campo de produção erudita tende a produzir ele mesmo suas normas e os critérios de avaliação de seus produtos. Conseqüentemente, a lógica que rege o campo é a da concorrência pelo reconhecimento fornecido segundo essas

normas e concedido pelo grupo de pares, que são simultaneamente clientes privilegiados e concorrentes. Quanto mais desenvolvido o campo, mais fechado sobre si mesmo, mais esotérica e específica sua linguagem. Neste contexto, a busca de temas, técnicas e estilos obedece à necessidade que os grupos de produtores têm de *marcas de distinção* com valor na economia específica do campo. Estas marcas são fundamentais na competição pela legitimidade. Para completar uma definição do modo de produção erudito deve-se fazer referência às instâncias capazes de assegurar não apenas a produção de receptores/consumidores (dotados dos instrumentos de apreensão necessários) mas também de agentes capazes de dar continuidade àquela produção. Essas instâncias, como o sistema de ensino, são formadoras de *habitus*, esquemas interiorizados de percepção e apreciação dos bens simbólicos. Elas são necessariamente instâncias de legitimação, uma vez que inculcam aquilo que é legítimo e consagrado, condição que elas têm o poder de determinar. Tanto nas instâncias de reprodução e consagração como no campo de produção propriamente dito, existe uma grande competição pelo poder de consagrar e legitimar. Forma-se, em consequência, uma hierarquia das legitimidades. As relações que as diferentes categorias de produtores de bens simbólicos mantêm com os demais produtores, com idéias, teorias e com a sua própria obra é função da posição que de fato ocupam e que podem ocupar dentro do campo, segundo tal hierarquia. Portanto, há um sistema de regularidades que comanda as relações entre a prática dos agentes, a estrutura do campo e o *habitus* adquirido.

Segundo Bourdieu, os fatores mais importantes para determinar as leis de funcionamento de um campo científico são os estruturais, como a posição de cada disciplina na hierarquia das ciências e a posição dos diferentes produtores na hierarquia de cada uma dessas disciplinas. Dessa perspectiva, as tomadas de posição intelectuais acabam constituindo estratégias inconscientes ou semiconscientes de um jogo cujo alvo é a conquista de legitimidade e consagração. Podemos dar a cada uma destas tomadas de posição uma interpretação intelectual ou podemos analisá-la segundo os mecanismos que regem as estratégias de legitimação.

Voltando ao caso concreto da formação da biologia molecular, para examinar o modelo do campo científico de Bourdieu escolhi a trajetória intelectual de M. Delbrück e a formação do *phage group* nos anos 40, o primeiro grupo dominante da biologia molecular (Mayr, 1982; Fischer & Lipson, 1988). Delbrück foi o

primeiro biólogo molecular notório e consagrado, o principal articulador e permanente líder do *phage group* e é, de maneira geral, considerado o maior dos pioneiros dessa disciplina.

MAX DELBRÜCK E O PHAGE GROUP

Max Delbrück nasceu em 1906, em Berlim, na Alemanha. Seu pai era professor de história na Universidade de Berlim e também exerceu atividade política no parlamento prussiano.

A primeira formação acadêmica de Delbrück foi em astronomia, a qual começou a estudar em Tübingen em 1924. Apesar de graduado nesta disciplina, não chegou a terminar sua tese e em 1928 tinha voltado seus interesses para a mecânica quântica. Isso ocorreu em Göttingen, onde Delbrück tornou-se estudante de doutoramento de Max Born, cujos dois assistentes eram nada mais nada menos que Wolfgang Pauli e Werner Heisenberg, personagens importantes da história da mecânica quântica. Além deles, estavam em Göttingen na época Robert Oppenheimer e Norbert Wiener.

Em 1931, Delbrück transferiu-se para o instituto de Niels Bohr em Copenhague, onde encontrou um Bohr mais preocupado com as questões epistemológicas implicadas pelo novo contexto teórico da física quântica do que propriamente pela pesquisa física. Foi, segundo Fischer & Lipson, neste período que o interesse de Delbrück por biologia foi despertado sob influência do próprio Bohr.

Em 1932, Delbrück voltou a Berlim para o Kaiser Wilhelm Institute for Chemistry. Em 1934, Delbrück e outros pesquisadores passaram a investir seu interesse em fotossíntese e fotofisiologia. Em 1936, Hendrik Kramers convidou Delbrück para ministrar seminários em biofísica na Holanda. Ele escolheu os temas de genética de populações e seleção natural. Fischer & Lipson sugerem que essa foi uma de uma série de iniciativas de Delbrück para aliciar outros físicos numa aventura dentro da biologia.

A partir de 1934 a situação política na Alemanha inviabilizou a continuidade da carreira de Delbrück naquele país e uma bolsa de estudos da Rockefeller Foundation levou-o, em 1937, à Pasadena, Califórnia, no *California Institute*

of Technology (Caltech), onde se encontrava Mogan. Antes disso, uma colaboração com Nicolai Timoféeff-Ressovsky e F.G. Zimmer em Berlim produziu uma publicação que, embora editorialmente obscura, deu visibilidade a Delbrück : uma das cópias chegou às mãos de Erwin Shrödinger, que passou a popularizar a idéia do trabalho como “modelo de Delbrück”. Outra cópia despertou o interesse de S. Luria, que mais tarde viria a colaborar com Delbrück.

Salvadore Luria¹⁴

Luria nasceu em 13 de agosto de 1912, em Turim, Itália. Estudou medicina na Universidade de Turim, mas logo seu interesse foi atraído para a biofísica. Trabalhou um pouco com radiologia no *Institute of Radium*, em Paris, onde foi *research fellow* entre 1938 e 1940. Em seguida, instalou-se no laboratório de E. Fermi, em Roma, para aprender física. A partir daí, passou a atuar profissionalmente como biofísico. Foi durante esse período de afirmação profissional em biofísica que ele entrou em contato pela primeira vez com o trabalho de Delbrück, por meio de uma separata de publicação, em 1937. Eles só viriam a estabelecer uma colaboração efetiva em 1941, quando Delbrück encontrava-se em Nashville, na Universidade de Vanderbilt, e Luria no *College of Physicians and Surgeons*. Entre 1940 e 1942, Luria permaneceu como *research assistant* na *Columbia University Medical School de Nova York*. Em 1942, passou a trabalhar também na Universidade de Vanderbilt (onde se encontrava Delbrück) e na Universidade de Princeton, como *Guggenheim fellow*. Em 1943, foi para a Universidade de Indiana, em Bloomington, como *instructor* em bacteriologia. De lá ele só saiu em 1950 como *associate professor*. De 1950 a 1959, Luria ficou na Universidade de Illinois, Urbana, na qualidade de *professor* em bacteriologia. Em 1959, foi indicado chefe do departamento de microbiologia do MIT. A partir daí Luria teve posições de destaque em grandes instituições americanas, como o *Center for Cancer Research*, a *Columbia University* e a *University of Notre Dame*. Em 1969 ganhou o prêmio Nobel com Delbrück e Hershey.

O trabalho de W. Stanley em que conseguiu cristalizar o vírus do tabaco em 1935 já havia atraído a atenção de Delbrück. Em 1938, na Caltech, Delbrück

¹⁴ Os resumos biográficos foram baseados em Fischer & Lipson (1988) e no “International Who’s Who” de 1981.

iniciou uma colaboração com Emory Ellis na pesquisa com vírus bacteriófagos. A partir de 1939, não foi mais possível prolongar a presença de Delbrück naquela instituição, e, em 1940, ele se transferiu para Nashville, Tennessee, na Universidade de Vanderbilt. Em dezembro daquele ano, Delbrück conheceu Luria, que trabalhava no College of Physicians and Surgeons, e, a partir de 1941, passaram a trabalhar em colaboração. Em 1943, publicaram o antológico artigo *Mutations of Bacteria from Virus Sensitivity to Virus Resistance*. Em 1943, começou, também, a colaboração com Alfred Hershey que rendeu aos três o Prêmio Nobel de Medicina em 1969. O encontro destes pesquisadores em St. Louis é considerado a origem do famoso *phage group*.

Alfred Hershey

Hershey se formou na *Michigan State University*. Em 1934 tornou-se bacteriologista assistente na *Washington University School of Medicine* onde seguiu a carreira acadêmica (tornou-se *instructor* em 1936), de onde só sairia, já como *associate professor*, em 1950. Era lá que estava quando conheceu Delbrück e Luria no início da década de 40. Na época, já trabalhava com vírus bacteriófagos e interessou-se pelo trabalho de Delbrück e Ellis na *Caltech*, Pasadena. Manteve uma fértil colaboração com os dois que resultou em sua laureação conjunta com o Prêmio Nobel em 1969.

Em 1950, Hershey tornou-se membro da *Genetics Research Unit* do Carnegie Institution of Washington, *Cold Spring Harbor*, onde viria a ser diretor em 1962.

Em 1945, Delbrück e Luria ofereceram o primeiro *summer phage course* em Cold Spring Harbor e, em 1947, reuniu-se formalmente pela primeira vez o *phage group* num *phage meeting* em Nashville.

Delbrück voltou para a *Caltech*, em 1947, desta vez como professor de biologia. Logo em seguida ele abandonou o sistema fago e passou a se dedicar a fotobiologia com o organismo *Phycomyces*. Na década de 60, Delbrück dirigiu seu interesse para mais um sistema, as bicamadas lipídicas como modelos para membranas biológicas. Ainda um último sistema receberia a atenção de Delbrück na década de sessenta, quando passou dois anos na Alemanha: a fotoquímica dos dímeros de timina.

Em 1969, Hershey, Luria e Delbrück ganharam o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina pelas suas descobertas.

Max Delbrück morreu de câncer em 1981, tendo permanecido produtivo até o final de sua vida.

Todos os dados indicam em Delbrück uma atitude de “desembarque e rendição” em relação à biologia. Vejamos como. Delbrück era físico e formou-se na década de 20. Depois de um curto investimento “pouco lucrativo” (sob o ponto de vista simbólico) em astronomia, aderiu à linha de sucesso da física quântica. Conviveu profissionalmente com os físicos mais consagrados do momento, e conquistou legitimidade entre eles. Desenvolveu uma forte relação com Niels Bohr e obteve o apoio indireto de Erwin Schrödinger. Com a ajuda daquelas figuras prestigiadas, pôde perceber que a fase de apogeu da física quântica havia passado no momento em que ele terminou seu período de “iniciação”, mas que era possível aproveitar o enorme capital simbólico adquirido em investimentos de maior rendimento: na biologia, por exemplo. Já antes de se aventurar pela genética molecular, Delbrück tinha esta estratégia para si e tentou outras possibilidades, como a fotobiologia. Delbrück não foi apenas um membro de um círculo esotérico (a física) fazendo ações subversivas de transporte de idéias em outro círculo (a biologia). Para fazê-lo com sucesso, o enorme capital simbólico herdado da física quântica foi decisivo.

O porte da iniciativa era considerável: tratava-se de contestar as relações de fato existentes num determinado momento no campo (a biologia), de impôr um reordenamento da hierarquia estrutural por meio de um reordenamento temático, e de conquistar legitimidade mediante normas e condutas diferentes daquelas consensuais no campo. É evidente que isso implicava enorme investimento simbólico (e só investe quem tem capital acumulado). Há um período relativamente grande de intensa atividade sem nenhum retorno. É um período em que não há instâncias de conservação e consagração que garantam a reprodução da nova prática científica e a produção de novos agentes, de modo que os pioneiros têm que tomar para si todas as incumbências: desde os anos de Berlim, antes de migrar para os Estados Unidos, Delbrück se empenhou em construir grupos informais (de estudo e discussão), em divulgar suas propostas (no início mais entre os físicos) de todas as maneiras possíveis e de recrutar adeptos. Os primeiros anos da década de 40 foram anos de intensa atividade propagandística para Delbrück.

Os primeiros grupos e associações foram informais e extra-institucionais, como por exemplo o que se reunia na casa da mãe de Delbrück em Berlim nos anos 30. As preocupações daqueles físicos que dirigiram seu olhar quanticamente armado para a biologia eram marginais ao campo da genética¹⁵. Em 1937, Delbrück transferiu-se para a Caltech mas não foi absorvido pela “escola de Morgan” e tampouco pela própria instituição. Durante os dois anos em que foi pesquisador visitante com bolsa da Fundação Rockefeller, permaneceu numa linha marginal, em colaboração com Emory Ellis.

Mais tarde, Delbrück assumiria a responsabilidade pelos *summer phage courses* de Cold Spring Harbor por sugestão de Luria¹⁶, como uma tática para atrair pesquisadores para a linha de pesquisa dos dois, segundo seus biógrafos (Fischer & Lipson, 1988). E segundo estes mesmos biógrafos, foi um passo decisivo na fundação da biologia molecular (Fischer & Lipson, 1988, p. 157). O curso de Cold Spring Harbor foi a primeira instância de reprodução dos esquemas de percepção do novo objeto: o material hereditário. Era uma alternativa institucional, e, portanto, proporcionava recrutamento eficiente de novos membros para a comunidade recém-formada. Aaron Novick, aluno do curso em 1947 e, posteriormente, um importante profissional da área, afirma que o curso apresentava aos estudantes:

a biology that had been made comfortable with backgrounds in the physical sciences. In that course we were given a set of clear definitions, a set of experimental techniques and the spirit of trying to clarify and understand. It seemed to us that Delbrück had created, almost singlehandedly, an area in which we could work, and after the... course we felt ready to embark on our own without further preparation (Novick, 1966 em Fischer & Lipson, 1988, p.162).

A história dos pioneiros da biologia molecular é uma história de conquista e auto-afirmação profissional. Delbrück afirmou nunca ter penetrado na linguagem ultra-específica da pesquisa genética com *Drosophila*. Os campos tradicionais,

¹⁵ Fischer & Lipson reproduzem um depoimento de Morgan onde este estaria apontando um futuro molecular para a genética. No entanto, aparentemente, toda a abordagem proposta pelos físicos e bioquímicos era estranha e não incorporada pela comunidade de geneticistas de então. Em E.P. Fischer & C. Lipson, *Thinking about Science* (New York, 1988).

¹⁶ Luria foi o pesquisador com quem Delbrück estabeleceu a mais longa e fértil colaboração, e com quem ganharia o Prêmio Nobel em 1969.

com suas instâncias de produção e reprodução do saber, que só tendem a aprofundar a especificidade e esoterismo da linguagem científica, naturalmente opõem a mais forte resistência ao surgimento de um novo campo. Assim, estes profissionais excluídos ou auto-excluídos de seus campos de origem não encontram aceitação nas instituições tradicionais para suas propostas alternativas: Delbrück era um físico que não queria ser físico, mas não conseguia ser contratado nas áreas biológicas. Consegue finalmente um trabalho na Universidade de Vanderbilt, no Tennessee, como físico, depois de um difícil período de virtual desemprego - período de investimento simbólico sem retorno. Luria, por sua vez, era um médico que queria ser (bio)físico. Fez inúmeros estágios, se destacou, mas foi contratado numa instituição médica, por conta de sua formação: o *College of Physicians and Surgeons*. Finalmente eles conseguiram uma adesão importante em Cold Spring Harbor - o diretor Milislav Demerec - que garantiu convites anuais para ambos desenvolverem suas pesquisas. Esses encontros proporcionaram espaço para uma vitoriosa associação. Além disso, proporcionaram o espaço para os *summer phage courses*.

Estabelecidas as condições favoráveis resultantes do sucesso da “propaganda molecular”¹⁷, Delbrück pode dar *status* institucional ao seu último grupo informal: o *phage group*. A partir de 1947, ele passou a ter reuniões oficiais, membros oficiais e ser conhecido como uma referência na nova área. O outro passo na conquista institucional veio, também em 1947, quando Delbrück recebeu duas ofertas importantes: dirigir um novo instituto de biofísica em Manchester, Inglaterra, e voltar para a Caltech em glória, como professor - desta vez - de biologia. Esta última oferta foi um claro produto do sucesso da estratégia de constituição do novo campo: George Beadle, recém-convertido à nova proposta molecular, tornou-se chefe da Divisão de Biologia da Caltech. Seu objetivo era mudar a prioridade da instituição - anteriormente citogenética - para biologia química ou genética molecular (Fischer & Lipson, 1988). Delbrück tinha perfeita consciência dos aspectos político-acadêmicos de suas atividades, como demonstra o seguinte telegrama que enviou a Niels Bohr:

¹⁷ Uma ilustração do caráter propagandístico das atividades de Delbrück é oferecida por uma carta de Hershey onde ele diz: *I am writing this letter to the two of you because together you do 90 percent of the public relations work on phage*, em E.P. Fischer & C. Lipson, *Thinking about Science* (New York, 1988), p.185. A relevância das várias instâncias de propaganda e divulgação pode ser adicionalmente avaliada pelas biografias de importantes pioneiros da biologia molecular. J. Watson, por exemplo, foi atraído para a área pela leitura de *What Is Life?*, de E. Shrodinger, em Fischer & Lipson, *op.cit.*

I accepted a professorship at Caltech... I am very happy about this, because it signals the completion of my metamorphosis into a biologist, and because I believe that Caltech in the coming years will be to biology what Manchester was to physics in the 1910's. (Fischer & Lipson, 1988, p.176).

Mais do que isso, Delbrück também tinha excepcional clareza quanto ao destino dessa nova área. Ao contrário do que a maioria dos comentadores afirmam quanto ao seu desprezo ou restrições à abordagem bioquímica, Delbrück parece ter pressentido que os desenvolvimentos ulteriores do campo que ele inaugurara o levariam naquela direção. Quando Delbrück foi procurado por Manchester e pela Caltech, solicitou a contratação de um bioquímico para sua equipe.

Como se pode concluir pela seqüência de acontecimentos importantes da formação da biologia molecular (veja apêndice), o novo campo foi definindo sua matriz conceitual através de aproximações sucessivas. Definida a temática como a transmissão de informação genética, tratava-se de definir o material experimental - microorganismos¹⁸ -, os métodos e as questões fundamentais.

Essa primeira fase durou pouco mais de uma década (naturalmente excluindo as contribuições anteriores sem efeito “reorganizador” no campo), digamos, a partir do primeiro trabalho importante de Delbrück, em 1938. Se fosse dado a E. Mayr apontar esta data inicial, ele diria que foi o ano de 1944, quando da publicação de Avery e colaboradores sobre o princípio transformador em *S. pneumoniae*. Talvez Mayr tenha razão quanto à relevância relativa desse trabalho, mas o fato é que não consegue avaliar a importância do grupo dominante que inaugurou a nova área aparentemente por sustentar uma certa antipatia por Delbrück e companhia¹⁹. A data final dessa etapa é, porém, muito precisa: 1953, ano da divulgação da estrutura do DNA. Com ela termina uma fase de certa “ambigüidade disciplinar”, em que as questões colocadas diziam respeito

¹⁸ Durante a década de 40, consolidou-se a preferência por microorganismos na área, como mostra o aumento de publicações sobre o tema.

¹⁹ E. Mayr participou pessoalmente destes episódios marcantes, e é difícil distinguir onde acaba o depoimento pessoal carregado de suas próprias emoções e onde começa a análise histórica. Ele diz por exemplo que *Avery and his group remained extremely careful (...) in the evaluation of their findings, but the evidence was so strong that they no longer needed to prove their point; the shoe was now on the other foot, and it was to the opponents to refute Avery's claim. The impact of Avery's findings was electrifying. I can confirm this on the basis of my own personal experience, having spent my summers during the second half of the 1940's at Cold Spring Harbor. My friends and I were all convinced that it was now conclusively demonstrated that DNA was the genetic material. (...) The question asked by the skeptics was whether pure DNA is the transforming agent (...). Among these, significantly, were most members of the "phage group", including Delbrück and Luria, neither of whom knew much biochemistry*, em E. Mayr, *The Growth of Biological Thought* (Cambridge, MA, 1982): p. 819.

tanto à genética - a natureza química de seu objeto, o gene - quanto à esta nova bioquímica do gene. Como diz Mayr:

The understanding of the double helix opened up an immense new field of exciting research and it is no exaggeration to say that as a result molecular biology completely dominated biology for the next fifteen years. The long search for the true nature of inheritance had ended. The open questions became increasingly physiological, dealing with the function of genes and their role in ontogeny and neurophysiology. However, the story of transmission genetics was completed (Mayr, 1982, p.825).

A partir daí, com o objeto claramente definido, com os métodos e abordagens estabelecidos, a nova disciplina continua seu caminho através de questões que já não compartilha com a genética e que são de caráter estritamente bioquímico: o deciframento do código (correspondências molécula-molécula), os mecanismos de replicação e transcrição, o funcionamento dos complexos enzimáticos correspondentes e assim por diante (veja apêndice). Agora o novo campo passa a amadurecer estruturalmente, a se fechar e a desenvolver suas marcas de distinção. Esta é a lógica que comanda o crescente distanciamento temático, conceitual e metodológico entre a biologia molecular e a genética a partir dos anos 50.

E o que teria acontecido com a genética depois desta “década de ambigüidade”?

Todas as escolhas que são feitas no campo científico são feitas referencialmente, pois, se obedecem à lógica da diferenciação, comandam a diferenciação em relação a algo. A genética exhibe, assim, dinâmica simétrica à da biologia molecular: ambas estão empenhadas em diferenciar-se, em fortalecer sua identidade, em articular suas marcas distintivas. Uma ilustração disso é o desenvolvimento dos sofisticados instrumentos quantitativos da genética de populações, assentada em termos conceituais exclusivamente naquilo que a genética não tem em comum com a biologia molecular.

UMA NOTA SOBRE AS BIOGRAFIAS DOS PIONEIROS

O “desembarque na biologia” do final dos anos 30 e início dos 40 foi feito por físicos e químicos detentores de grande “capital simbólico”, nascidos na primeira década do século, e, portanto, profissionalmente ativos ao final dos

anos 20²⁰. O exemplo de Delbrück foi analisado, e se o compararmos com outros dois pioneiros da primeira fase veremos a recorrência desta característica. Linus Pauling, cuja notoriedade ultrapassa a de Delbrück, já era um químico consagrado no final dos anos 30: era professor justamente na instituição mais importante para os eventos relativos à formação da biologia molecular, a Caltech. Lá se encontrava Morgan e para lá foi Delbrück.

Linus Pauling

Pauling nasceu em 1901. Estudou no *Oregon State College* (Califórnia), *Institute of Technology* e Universidades de Munich, Copenhagen e Zürich. Em 1919, tornou-se *full time assistant* em análise quantitativa, no *Oregon State College*. No ano seguinte, tornou-se *assistant* em química, mecânica e materiais. Em 1922, foi para a *Caltech*, onde estaria durante a disputa da estrutura do DNA trinta anos depois. De 1936 a 1958, foi chefe da divisão de química e engenharia química da *Caltech*. Percorreu uma longa e produtiva carreira acadêmica, tendo entre suas atividades mais conhecidas a elucidação da estrutura alfa-helicoidal em proteínas, que lhe renderia o Prêmio Nobel em 1954. Em 1962 Pauling ganhou o Prêmio Nobel da Paz.

E. Chargaff, embora muito menos prestigiado do que os dois anteriores, também era um químico institucionalmente estabelecido numa das maiores universidades americanas, a *Columbia University*.

Erwin Chargaff

Chargaff nasceu em 1905 e estudou no *Maximiliansgymnasium* e na Universidade de Viena. Tornou-se *research fellow* na Universidade de Yale em 1928, de onde saiu em 1930. De 1930 a 1933, foi *assistant* na Universidade de Berlim e, de 1933 a 1934, pesquisador do Instituto Pasteur, de Paris.

Em 1935, voltou aos Estados Unidos para a *Columbia University* de Nova York, onde percorreu longa carreira acadêmica.

²⁰ Ver Fischer & Lipson, *op. cit.* e *The International Who's Who*, 1981.

Em 1950, forneceu à comunidade científica o dado fundamental para que Watson e Crick conseguissem interpretar os resultados obtidos por cristalografia óptica: a proporção 1:1 A-T, C-G.

A geração seguinte, em geral nascida na década que vai de 1910 a 1920 (com a exceção de J. Watson, nascido em 1928), contém vários indivíduos com formação biológica, atraídos pelas abordagens bioquímicas ou fisico-químicas. É o caso do próprio Luria e de Hershey, que na prática funcionaram como integrantes do primeiro grupo pioneiro (entrando nele tardiamente em relação, por exemplo, a Delbrück ou Pauling). É o caso também de Watson, que declara ter sido atraído para o novo campo pela leitura do livro de Shrödinger. Mesmo assim, ainda há uma grande proporção de indivíduos com um perfil físico ou químico, como ilustra a trajetória de M. Wilkins.

James Watson

Watson é o mais novo dos pioneiros da biologia molecular: nasceu em 1928. Formou-se biólogo pela Universidade de Chicago e passou a se interessar pelos mecanismos moleculares da transmissão da informação genética a partir da leitura de *What Is Life?*, de E. Shrödinger. Ele se tornou estudante de Ph.D. de Luria em Indiana, onde compartilhava uma sala com Renato Dulbecco, posteriormente também um grande biólogo molecular. Seu projeto envolvia determinar se fagos inativados por raio-X produziam reativação de multiplicidade. Depois de seu doutorado, Watson passou algum tempo em Copenhague (1950-51), num laboratório de bioquímica e depois partiu para Cambridge, no *Cavendish Laboratory* da Universidade de Cambridge, onde passaria a utilizar cristalografia de raios-X e uma abordagem química estrutural.

Em Cambridge, Watson associou-se a F. Crick na colaboração que resultou na mais espetacular descoberta da biologia molecular: a estrutura da molécula de DNA, em 1953.

Em 1953, voltou para a Caltech, onde se encontrava o *phage group* de Delbrück ao qual ele mesmo pertencera. Em 1956, foi contratado em Harvard, onde seguiu uma longa carreira acadêmica. Tornou-se diretor do Cold Spring Harbor Laboratory em 1968.

Maurice Wilkins

Wilkins nasceu em 1916 na Nova Zelândia. Estudou no *St. John's College*, em Cambridge. Trabalhou no departamento de física da Universidade de Birmingham numa pesquisa sobre luminescência em sólidos. Em 1944, trabalhou na Universidade da Califórnia no *Manhattan Project*. Em 1946, foi para o *Medical Research Council*, na unidade de biofísica, em *King's College*, Londres.

Lá desenvolveu as pesquisas que lhe renderam o Prêmio Nobel com Watson e Crick em 1962.

Em 1969, tornou-se presidente da *British Society for Social Responsibility in Science*.

Uma ilustração biográfica da afinidade (ou identidade) conceitual entre a biologia molecular e a bioquímica são os outros interesses destes pioneiros: Delbrück havia se interessado por fotossíntese e fotobiologia, assunto ao qual passou a se dedicar novamente depois do auge do *phage group*. Além disso, dedicou-se também às bicamadas lipídicas e à bioquímica de nucleotídeos. F. Crick envolveu-se em estudos sobre a estrutura protéica, assim como Pauling, que ganhou um Prêmio Nobel por suas descobertas na área.

Francis Crick

Crick nasceu em 1916 e formou-se pelo *University College*, de Londres. Obteve seu Ph.D. pela Universidade de Cambridge. Pertenceu ao *Strangeways Laboratory* em Cambridge entre 1947 e 1949 e em 1949 foi para o *Medical Research Center Laboratory of Molecular Biology*, também em Cambridge. Trabalhou junto com J. Watson nesta cidade, onde juntos formavam um dos três grupos que competia pela prioridade na descoberta da estrutura de DNA. Os outros dois grupos eram o grupo de L. Pauling, na *Caltech* e o grupo de Wilkins, em Londres.

Em 1953, Crick passou a integrar o *Protein Structure Project*, da *Brooklin Polytechnic*, em Nova York, do qual participou de 1953 a 1954.

Ganhou, junto com Watson e Wilkins, o Prêmio Nobel de Medicina em 1962 pelas suas descobertas relativas à estrutura molecular do DNA.

GENÉTICA E BIOLOGIA MOLECULAR NAS INSTITUIÇÕES HOJE

Finalmente é preciso perguntar: onde é praticada a biologia molecular e onde é praticada a genética? Uma pesquisa no Peterson's Guide to Graduate Programs in the Biological and Agricultural Sciences 1991 revelou dados interessantes. Foram analisados os 134 programas de pós-graduação em genética e os 224 programas de pós-graduação em biologia molecular. Foram registrados todos os casos em que constava o departamento ou divisão (quando não era mencionado o departamento) onde era oferecido o programa, porque são estes os níveis institucionais mais específicos, sendo obtidos, então, os seguintes números e proporções:

Tabela 1: Departamentos ou Divisões que oferecem cursos de pós-graduação em genética

DEPARTAMENTO/DIVISÃO	NÚMERO DE REGISTROS	%
Biologia/ ciências biológicas/ ciências naturais	43	43
Genética	19	19
Microbiologia	12	12
Biologia ou genética molecular	7	7
Zoologia/botânica	5	5
Bioquímica	5	5
Ciências médicas (pediatria, patologia, etc.)	5	5
Agronomia	1	1
Psicologia	1	1
Bioestatística	1	1

Dados obtidos de Peterson's Guide to Graduate Programs in the Biological and Agricultural Sciences 1991.

Tabela 2: Departamentos ou Divisões que oferecem cursos de pós-graduação em biologia molecular

DEPARTAMENTO/DIVISÃO	NÚMERO DE REGISTROS	PORCENTAGEM
Biologia (+ ciências biológicas, etc.)	50	32
Bioquímica	39	25
Biologia molecular, genética molecular, etc.	26	17
Biologia celular, do desenvolvimento, celular e molecular	14	9
Ciências médicas	13	8
Microbiologia/ imunologia	7	4
Zoologia/ botânica	3	2
Fisiologia	2	1
Biofísica	1	1
Genética	1	1

Dados obtidos de Peterson's Guide to Graduate Programs in the Biological and Agricultural Sciences 1991.

A maior proporção de departamentos ou divisões de biologia tanto em um como em outro caso reflete as organizações institucionalmente menos hierarquizadas e nestes casos a especificação ocorre no âmbito do programa de curso: programas em genética ou programas em biologia molecular. Também reflete o fato de que tanto uma como a outra são concebidas fundamentalmente como ciências da vida.

O que é significativo nesses números são as proporções de departamentos ou divisões de genética no caso dos programas em genética (19%) e de departamentos de biologia molecular e bioquímica (17% e 25%) no caso dos programas em biologia molecular. A interpretação segundo a qual a biologia molecular é uma disciplina científica independente - e não um tipo moderno de genética - e guarda relações muito íntimas com a bioquímica recebe aqui um grande reforço: a biologia molecular certamente tem um espaço institucional próprio significativo (quase um quinto das instituições mencionadas são deste

tipo), porém é em grande parte considerada uma subdisciplina da bioquímica (um quarto das instituições que oferecem os programas são desta natureza).

No entanto, é preciso acrescentar uma ressalva quanto às linhas de pesquisa das instituições que oferecem os programas: é muito significativa a presença de pesquisas de abordagem molecular nas instituições que oferecem programas em genética, e que certamente orientam seus estudantes nestas direções. Isto poderia ser visto como o que Bourdieu chama de jogo de oposições operando entre o campo de produção intelectual e as instâncias de conservação e consagração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo kuhniano foi recebido por grande parte dos filósofos da ciência com desdém e restrições. O aspecto que mais desagradava a esses filósofos era a afirmação de que não apenas no contexto da descoberta, mas também no da justificação²¹, fatores de natureza não estritamente lógica eram determinantes da atividade científica. Isto lhe valeu acusações de irracionalismo, de confundir descrição com prescrição, entre muitas outras²². Por outro lado, as idéias de Kuhn foram ávidamente absorvidas por uma parcela significativa dos cientistas, historiadores e sociólogos da ciência, bem como deu impulso a uma linhagem de filósofos da ciência de perspectiva historicista (Laudan *et al.*, 1986).

Apesar de todo seu sucesso e proeminência, o modelo ou abordagem kuhniana padece de limitações que parecem condená-lo a ser dificilmente aplicável aos casos concretos. O modelo kuhniano é o que parece ser uma “sociologia internalista da ciência”. No entanto, mesmo nessa condição, ele parece não ser capaz de dar conta dos fenômenos próprios ao seu objeto - a comunidade científica. Ao pretender construir um modelo descritivo da prática científica, excluindo o seu produto - o discurso científico - bem como seus praticantes - os cientistas - do contexto das relações sociais de uma determinada sociedade, Kuhn torna-se incapaz de descrever as relações de poder que operam no interior dos grupos de especialistas. Conseqüentemente, ele é incapaz de enfocar a

²¹ A respeito dos contextos de descoberta e justificação e as polêmicas envolvendo a questão, veja Maia, C.A., “A gênese da história sociológica das ciências”, 1991.

²² Ver I. Lakatos & A. Musgrave, *A Crítica e o desenvolvimento do conhecimento* (São Paulo, 1979).

relação que há entre a dinâmica social das comunidades científicas - que se relaciona, por sua vez, com a da sociedade onde se encontra, com seus segmentos e interesses conflitantes - e a produção científica propriamente dita. O discurso de Kuhn revela uma concepção da comunidade científica como algo suave e homogêneo:

The conversion experience that I have likened to a gestalt switch remains, therefore, at the heart of the revolutionary process (...) Taken as a group or in groups, practitioners of the developed sciences are, I have argued, fundamentally puzzle-solvers. Though the values that they deploy at times of theory-choice derive from other aspects of their work as well, the demonstrated ability to set up and to solve puzzles presented by nature is, in case of value conflict, the dominant criterion for most members of a scientific group (Kuhn, 1970, p. 204/205).

Kuhn foi certamente capaz de retratar a comunidade científica como algo existente, determinante e operativo segundo características não estritamente lógicas. No entanto, ao afirmar que o cerne do processo revolucionário é a conversão, fenômeno estocástico que ocorre numa população de indivíduos equipotenciais para tomar decisões, Kuhn retira toda materialidade social do conceito de comunidade científica. A comunidade científica pode ser muita coisa, mas certamente não é uma população de indivíduos equivalentes - qualquer que seja o critério aplicado.

Os méritos de Kuhn são inquestionáveis e residem justamente na contestação das abordagens filosóficas que julgam legítimo fazer diagnósticos sobre relações entre produtos intelectuais pretensamente “extraídos” de seus respectivos contextos históricos. Além disso, Kuhn fortaleceu a idéia de que a ciência se desenvolve de forma descontínua, cheia de rupturas que separam produções reciprocamente incomensuráveis. Mesmo assim, seu modelo parece ser insuficiente para a interpretação dos episódios concretos de mudança científica observados na maioria das disciplinas.

Uma última consideração sobre a incomensurabilidade dos discursos parece pertinente aqui. A comensurabilidade entre estruturas conceituais de comunidades de discurso é um problema que vem sendo abordado de variadas formas. É um problema linguístico, visto que diz respeito a um seu objeto importante, o discurso. É um problema antropológico, visto que diz respeito ao

contato de sistemas simbólicos integrados - sistemas de produção de sentido. É também um problema histórico-sociológico, considerada a formação de tais sistemas simbólicos que vêm a ser incomensuráveis em relação a outros. E, evidentemente, há uma grande questão filosófica perpassando todas as abordagens precedentes, que diz respeito à natureza do pensamento. Tanto as contribuições da pragmática na linguística como as da antropologia e da sociologia vêm indicando a necessidade de se entender etnograficamente os sistemas de produção de discursos. Como diz Geertz (1983), as várias disciplinas científicas são mais do que apenas pontos privilegiados de observação intelectual, sendo maneiras de estar no mundo. Estas maneiras são produzidas segundo a lógica da constituição dessas disciplinas, ou campos científicos, como descreve Bourdieu (1987). Considerada a tendência segundo a qual a constituição dos campos é acompanhada por um fechamento para dentro de si, com o desenvolvimento não apenas de normas próprias mas de marcas de distinção de caráter semântico, dois campos quaisquer considerados sempre se apresentarão conceitualmente incomensuráveis. A não ser, é claro, que não sejam de fato duas disciplinas diferentes! Assim é que a biologia molecular e a bioquímica, quando é possível atribuir tais categorias a um determinado produto, são conceitualmente indistinguíveis (totalmente comensuráveis).

O nascimento da biologia molecular foi um momento emocionante na história das ciências. Foi uma história de paixões, de disputas, de transformações radicais nas instituições científicas e no pensamento humano. Considerando tudo isso e os milhões de dólares investidos anualmente nas pesquisas dessa disciplina que talvez seja uma das mais pesadamente financiadas, reverenciadas e consagradas de todo o universo científico, foi ou não foi uma grande revolução?...

REFERÊNCIAS

- ASHBURNER, M. ...[et al.]. **The genetics and biology of drosophila.** London: Academic Press, 1983. v.3d.
- ASHBURNER, M. ...[et al.]. **The genetics and biology of drosophila.** London: Academic Press, 1986 v.3e.

- BOURDIEU, P. **A economia das trocas simbólicas**. São Paulo: Perspectiva, 1987.
- BURNS, G.W. **The science of genetics**. 3rd. ed. New York: Mcmillan, 1976.
- CRICK, F. ...[et al.]. General nature of the genetic code for proteins. **Nature**, v.192, p.1227-1232, 1961.
- DASCAL, M. **Problemas, críticas, perspectivas da lingüística**. Campinas: [s.n.], 1982.
- FARNSWORTH, M.W. **Genetics**. New York: Harper & Row, 1978.
- FISCHER, E.P.; LIPSON, C. **Thinking about science; Max Delbrück and the origins of molecular Biology**. New York: Norton & Co., 1988.
- FLECK, L. **La génesis y el desarrollo de un hecho científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- GEERTZ, C. *Local knowledge; further essays in interpretative anthropology*. New York: Basic Books, 1983.
- GOODENOUGH, U. **Genetics**. 2nd. ed. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1978.
- HEDRICK, P.W. **Genetics of populations**. Boston: Science Books Int., 1983.
- HULL, D. **Filosofia da ciência biológica**. Rio de Janeiro, Zahar, 1975.
- HULL, D. Reduction in Genetics - Biology or Philosophy? **Philosophy of Science**, v. 39, p. 491-499, 1972.
- HULL, D. Reduction in genetics. **Philosophy of Science** v. 46, p. 316-320, 1979.

INTERNATIONAL WHO'S WHO, 1981.

JACOB, F.; MONOD, J. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. **Journal Molecular Biology**, v. 3, p. 318-356, 1961.

KUHN, T.S. **The Structure of scientific revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1970.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix/EDUSP, 1979.

LAUDAN, L. ...[et al.]. Testing theories of Scientific Change. **Synthese**, v.69, p.141-223, 1986.

LEHNINGER, A.L. **Principles of biochemistry**. New York: Worth Publ., 1982.

LINDSLEY, D.L.; GRELL, E.H. **Genetic variations of drosophila melanogaster**. Carnegie: Carnegie Institution, 1967. (Carnegie Institution of Washington Publication No. 627).

LURIA, S.E. **Vida: Experiência inacabada**. São Paulo: Itatiaia, 1979.

MAYR, E. **The growth of biological thought**. Cambridge, MA: Belknap, 1982.

MESELSON, M.; STAHL, F. The replication of DNA in *Escherichia coli*, **Proceedings National Academie of Science**, U.S.A., v. 44, p. 671-682, 1958.

MONOD, J. **Le hasard et la nécessité**. Paris: Ed. du Seuil, 1970.

PARRET, H. O objetivo e o domínio da pragmática. In: **ENUNCIÇÃO e Pragmática**. Campinas: UNICAMP, 1988.

PETERSON'S GUIDE To graduate programs in the biological and agricultural sciences 1991. 25th. ed. Princeton, New Jersey, 1991.

- POSSENTI, S. **Discurso, estilo e subjetividade**. São Paulo: Martins Fontes, 1988.
- PROVINE, W.B. **The Origins of theoretical population genetics**. Chicago: The University of Chicago Press, 1971.
- RUSE, M. **Philosophy of biology today**. New York: State University of New York Press, 1988.
- SCHAFFNER, K.F. Approaches to reduction. **Philosophy of Science**, v. 34, p. 137-147, 1967.
- SMITH, A.G. **A revolução científica nos séculos XVI e XVII**. Lisboa: Ed. Verbo, 1973.
- SRB, A.M. ...[*et al.*]. **General Genetics**. 2nd. ed. San Francisco: Freeman, 1965.
- STRICKBERGER, M.W. **Genetics**. New York: Macmillan, 1968.
- WALLACE, B. **Basic population genetics**. New York: Columbia University Press, 1981.
- WATSON, J.; CRICK, F. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. **Nature**, v.171, p. 737-738, 1953a.
- WATSON, J.; CRICK, F. Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. **Nature**, v. 171, p. 964-967, 1953b.
- WINCHESTER, A.M. **Genetics: survey of the principles of heredity**. 4th. ed. New York: Houghton Mifflin, 1972.

APÊNDICE I

Acontecimentos importantes na formação da biologia molecular

1934 - Schlesinger demonstra que os vírus bacteriófagos consistem de proteína e ácidos nucleicos.

1935 - Divulgação de modelo quântico de mutação gênica por Delbrück, Timoféeff-Ressovsky e K.G. Zimmer (*About the Nature of the Gene Mutation and the Gene Structure*).

1935 - Wendell Stanley (biólogo) consegue cristalizar o vírus do tabaco, uma “molécula viva”.

1936 - Primeira *Physico-Biological Conference* em Copenhagen, estimulada por Niels Bohr.

1938 - Warren Weaver usa pela primeira vez o termo *biologia molecular* para designar um programa de financiamento da Rockefeller Foundation para pesquisas em matemática, física e química que contribuíssem para a biologia.

1940 - Invenção do microscópio eletrônico.

1941 - Início da colaboração entre Delbrück e Luria.

1942 - Primeiras microfotografias de partículas virais (Luria & Anderson)

1943 - Publicação do artigo de Luria e Delbrück sobre mutações espontâneas em bactérias (*Mutations of Bacteria from Virus Sensitivity to Virus Resistance*).

1944 - Avery, MacLeod e McCarthy proporcionam as primeiras evidências experimentais de que informação genética pode estar impressa nos ácidos nucleicos (experimento com *s. pneumoniae* - Avery *et al.*).

1945 - Primeiro *summer phage course* em Cold Spring Harbor.

1946 - *Symposium on Quantitative Biology*, dedicado a *Heredity and Variation in Microorganisms*.

1946 - Joshua Lederberg e Edward Tatum anunciam evidências para a recombinação genética em bactérias no *Symposium on Quantitative Biology*.

1946 - George Beadle e Edward Tatum apresentam a hipótese “um-gene-uma-enzima” no *Symposium on Quantitative Biology*.

1947 - Primeiro *phage meeting* oficial, em Nashville.

1947 - M. Delbrück volta para Caltech, em Pasadena, como professor de biologia.

1950 - E. Chargaff descobre que as proporções de adenina em relação a timina e de guanina em relação à citosina era de aproximadamente 1.0 em todas as espécies estudadas.

1951 - *Cold Spring Harbor Symposium on Genes and Mutations*.

1951 - Horowitz e Leupold introduzem o conceito de “função indispensável” no *Cold Spring Harbor Symposium on Genes and Mutants*.

1951 - Barbara McClintock apresenta suas observações sobre elementos genéticos móveis.

1952 - Acontece o primeiro *International Phage Symposium* em Abbaye de Royaumont, França.

1952 - Hershey e Chase mostram que todo o material genético dos fagos era composto de ácido nucléico (Hershey & Chase).

1953 - James Watson e Francis Crick divulgam a descoberta da estrutura helicoidal do DNA.

1958 - M. Meselson e F. Stahl demonstram a replicação semiconservativa do DNA.

1961 - F. Crick e colaboradores publicam artigo decifrando o mecanismo do código genético.

1962 - J. Watson, F. Crick e M. Wilkins ganham o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina por suas descobertas.

1969 - Max Delbrück, Salvadore Luria e Alfred Hershey ganham o Prêmio Nobel de fisiologia e Medicina.