

## **A História da Ciência nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana**

**SANDRA REGINA GIMENEZ ROSA<sup>1</sup> e MARCOS RODRIGUES DA SILVA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>[sandragimenezrosa@yahoo.com.br](mailto:sandragimenezrosa@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Departamento de Filosofia – Universidade Estadual de Londrina / Fundação Araucária do Paraná  
[mrs.marcos@uel.br](mailto:mrs.marcos@uel.br)

**Resumo.** Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar a história da ciência que está sendo apresentada nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. Nossa investigação parte do seguinte questionamento: que tipo de história esta sendo apresentado nos livros didáticos, já que ela é considerada nos documentos oficiais como um dos critérios de avaliação do livro didático? Para isso apresentamos uma rápida descrição acerca da importância do livro didático; em seguida sugerimos que uma história de problemas parece ser o tipo de história mais adequado para a compreensão de importantes episódios da história da ciência; no que segue apresentamos um episódio da história da biologia, a descoberta do princípio da transformação bacteriana. Em seguida, na última seção, procuramos mapear as formas de exposição historiográfica deste episódio em alguns livros didáticos. Neste mapeamento nos propomos a explorar as potencialidades historiográficas abertas pelas narrativas destes livros didáticos.

**Abstract.** The main goal of this research is to analyze the science history that is being presented in the biology textbooks used in high school. Our investigation springs from the following issue: What type of history is being presented in the textbooks, since in the official documents it is considered one of the evaluation criteria for textbooks? So, a brief description on the importance of textbooks is presented; then, we suggest that a history of problems seems to be the most adequate type of history for the understanding of important episodes in science history; next there comes the presentation of an episode in the history of biology, that is, the discovery of the bacterial transformation principle. Finally, we attempt to map the forms of historiographical exposition of the given episode in some textbooks. In that mapping we propose to explore the historiographic potentialities opened by the narratives in those textbooks.

---

**Palavras-Chave:** ensino de ciências, livro didático de Biologia; história e filosofia da ciência

**Keywords:** science teaching; biology textbook; history and philosophy of science; Avery

### **Introdução**

O presente trabalho se dedica a investigar de que modo a história da ciência está sendo apresentada nos livros didáticos de biologia. Esta investigação não se apresenta exatamente como crítica destes livros; ao invés disso, pretendemos explorar as potencialidades historiográficas dos livros, tendo como ponto de partida suas próprias narrativas. Deste modo queremos sugerir que a história da ciência veiculada pelos livros didáticos (da amostra aqui selecionada, é claro) pode ser desenvolvida nos próprios livros a partir de certas concepções historiográficas que estão ali implícitas. Assim, utilizamos a orientação de Carneiro e Gastal

(2005, p. 33), de que o ponto em questão não é a presença ou ausência de história, mas a concepção de história que se encontra nos livros didáticos.

## **1. Os livros didáticos e sua importância**

Nosso trabalho se concentrará na investigação da estrutura historiográfica de alguns livros didáticos. Para a realização de tal intento partiremos, a seguir, para uma rápida apresentação de algumas considerações sobre a importância do livro didático.

A descrição oferecida por Vasconcelos e Souto (2003, p. 93-94) ilustra com clareza a importância dos livros didáticos: “(...) no ensino de ciências, os livros didáticos constituem um recurso de fundamental importância, já que representam em muitos casos o único material de apoio didático disponível para alunos e professores”. Além disso, para Vasconcelos e Souto, os livros apresentam uma aplicação do método científico. Porém, apesar do destaque dado ao método científico, os autores observam que “(...) os livros de Ciências disponíveis no mercado brasileiro, entretanto, revelam uma disposição linear de informações”.

A linearidade encontrada nos livros didáticos é usada, presumivelmente, para facilitar a explicação da história narrada. É a história fato-a-fato e apresenta uma sucessão de acontecimentos encobrindo o problema em questão. Deste modo, o conteúdo histórico dos livros nem sempre favorece a reflexão, assim como nem sempre estimula a capacidade investigativa do aluno, pois se concentra na exposição de datas e fatos, negligenciando assim o processo de contextualização da história. Assim, concordamos com Pretto (1985, p. 77) em sua colocação: “A apresentação da ciência é absolutamente a-histórica. Sem referência ao seu processo de criação e muito menos ao contexto em que foi criada. E, o pior, na tentativa de suprir esta lacuna passa uma visão da História da Ciência como se fosse (...) um depósito onde se guardam as vidas dos cientistas, seus feitos e suas obras”.

Partindo do pressuposto de que o livro didático é fundamental para o processo de ensino-aprendizado, pois é um instrumento pelo qual os alunos são introduzidos na aprendizagem de uma disciplina científica, ele necessita ser avaliado. Um importante passo na direção de uma

avaliação criteriosa do livro didático foi, sem dúvida, a implementação do Programa Nacional do Livro Didático (PNDL) pelo Ministério da Educação em 1985, visando coordenar a aquisição gratuita de livros didáticos aos alunos das escolas públicas brasileiras. Nos últimos anos, com a implantação do PNDL, os educadores puderam deixar de lado livros que traziam erros conceituais e puderam avançar na atualização de conteúdos, títulos adequados aos critérios propostos e suspensão de comercialização de títulos reprovados. Trabalhos recentes têm examinado não somente o conteúdo do material didático, mas também seu processo de escolha e adequação aos Parâmetros Curriculares Nacionais<sup>1</sup> (PCN), bem como a evolução do próprio PNDL (Vasconcelos e Souto, 2003, p. 95). Por oferecer a liberdade de escolha do livro didático pelo professor, e por estar em conformidade com as Diretrizes Curriculares Nacionais<sup>2</sup> para o Ensino Médio, o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) abre a possibilidade de inscrição para as obras didáticas.

De acordo com as diretrizes do PNLEM (2007, p. 11-14), são definidos critérios comuns para a avaliação das obras didáticas inscritas para o PNLEM/2007; estes critérios são de duas naturezas: eliminatórios e de qualificação. São eliminadas as obras que não observarem os seguintes critérios: i) correção e adequação conceituais e correção das informações básicas; ii) coerência e pertinência metodológicas e iii) preceitos éticos. A não observância de qualquer um desses critérios, por parte de uma obra didática, resultará em uma proposta contrária aos objetivos a que ela deveria servir o que justificará sua exclusão do PNLEM. Uma vez satisfeito o critério de eliminação, o livro será resenhado, de modo a oferecer ao professor subsídios para sua escolha do material didático. Observando as análises da organização das resenhas das obras de Biologia inscritas no PNLEM/2007, percebem-se itens mantidos em todas as resenhas para facilitar a comparação entre as várias obras. São eles: correção conceitual; aspectos pedagógico-metodológicos; a construção da cidadania; manual do professor; aspectos gráfico-editoriais e, também, a construção do conhecimento científico (no qual se localiza a importância conferida à

---

<sup>1</sup> Os Parâmetros Curriculares Nacionais têm o objetivo de fomentar debates educacionais que envolvam escolas, pais, governos e sociedade e dêem origem a uma transformação positiva no sistema educativo brasileiro (PCN, 1998, p. 5).

<sup>2</sup> As Diretrizes Curriculares Nacionais, além de tratar das especificidades da Educação Básica, organizam-se a partir das disciplinas que compõem a base nacional comum e a parte diversificada. É o conjunto proposto pela dimensão histórica da disciplina, os fundamentos teórico-metodológicos, os conteúdos estruturantes, o encaminhamento metodológico, a avaliação e a bibliografia (DCE, 2006, p. 7).

história e filosofia da ciência (HFC)). Portanto, como vemos, HFC está sendo considerada e encontra-se nos documentos oficiais, fazendo parte da sua avaliação. Ressaltamos ainda que, não apenas o PNLEM, mas igualmente os próprios PCN enfatizam a importância de HFC: “Elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados a seu momento histórico” (PCN, 1999, p. 219).

Entretanto, para se fazer uma boa escolha do livro didático, fazem-se necessárias a leitura e a discussão das resenhas do PNLEM, pois uma vez que os livros didáticos são escolhidos, eles serão utilizados por três anos consecutivos e, é com ele que os professores irão contar no momento de definir os conteúdos a serem seguidos. Como argumenta Molina (1988, p. 10): “Sem dúvida que a realização de pesquisas e estudos sobre o assunto e uma sadia discussão nacional sobre diferentes aspectos do livro didático (vinculação com a ideologia dominante, seqüência e adequação dos conteúdos, apresentação gráfica, descarte ou não, etc) geraram certo abalo na mentalidade dos professores, fazendo com que os mecanismos de adoção deixassem de ser tão casuísticos”.

Talvez pelo fato de o livro didático ser tão pedagogicamente popular, ele se apresenta como um tema de permanente atualidade e interesse adquirindo especial importância quando se atenta para o fato de que ele pode ser, muitas vezes, o único livro com o qual o estudante tem contato. Isto é ressaltado por Freitag, Costa e Motta; para os autores é importante que o professor se conscientize da responsabilidade que lhe cabe, como educador, na decisão sobre a escolha e destino do livro didático. (O mesmo se diga das editoras e autores). Portanto, como argumentam Freitag, Costa e Motta (1997, p.140): “se o professor se convencer da má qualidade de um livro, nas condições atuais do processo decisório, pode condenar o livro às estantes e depósitos de editoras e livrarias. Caberá, portanto ao professor controlar a médio e longo prazo a qualidade do livro didático. É sua a responsabilidade de, daqui para frente, quebrar o círculo vicioso da reprodução da mediocridade”. Podemos perceber, por meio desta colocação, a responsabilidade e importância dos professores na escolha do livro didático. Isso requer tempo, dedicação e qualidade na análise, uma vez que o livro didático é considerado instrumento fundamental no processo de escolarização.

Estabelecida a importância da escolha do livro didático, resta saber como o professor de ciências efetuará sua escolha caso deseje optar por um livro orientado por uma abordagem filosófico-historiográfica. Pois, segundo estudos bastante atuais em sua importância, a HFC veiculada no ensino superior e médio apresenta uma série de problemas. Talvez o principal problema seja o da falta de uma orientação acerca de que tipos de história deveriam figurar nos livros. Vejamos então, ainda que brevemente, uma apresentação sistemática de uma taxonomia historiográfica.

## **2. Tipos de história da ciência**

Não basta dizer que os livros didáticos trazem história, ou que devam trazer, ou ainda, que a mesma é importante, pois existem vários tipos de histórias. O fundamental para este trabalho é verificar quais os tipos de histórias que estão sendo narradas nos livros didáticos do PNLEM, se elas estão sendo bem apresentadas, e, mais importante, quais as potencialidades destas narrativas que podem ser exploradas. Apresentaremos a seguir, resumidamente, a diferenciação entre esses tipos de histórias a partir do trabalho de um grande historiador da Biologia, Ernst Mayr, o qual apresenta (1998, p. 16 - 22) alguns tipos de histórias que podem ser classificadas da seguinte maneira: história lexicográfica, cronológica, biográfica, cultural e sociológica e história de problema. Vejamos uma rápida apresentação de cada uma delas.

A história lexicográfica é puramente descritiva, com ênfase nas questões ‘o quê?’, ‘quando?’ e ‘onde?’ e por isso tem a desvantagem de favorecer apenas parte da história, pois deste modo apresenta um conjunto de dados que não podem dispensar a reflexão. Já a história cronológica apresenta a seqüência de tempo para toda espécie de historiografia favorecendo um critério indispensável de organização temporal. Porém, segundo Mayr, esse tipo de história possui a desvantagem de reduzir todo o problema científico à seqüência temporal, devido ao fato de enfatizar datas e acontecimentos numa seqüência linear, o que acaba ocultando o problema em questão. Uma outra forma de apresentação da história, descrita por Mayr, é denominada de história biográfica, que tem por objetivo retratar os progressos da Ciência por meio das vidas dos

principais cientistas, e com isso apresenta problemas científicos como vinculados a apenas um cientista. Temos, também, a história cultural e sociológica. Neste tipo de abordagem histórica, os aspectos da Ciência são descritos como forma de atividade humana, inseparáveis do meio intelectual e institucional da época, recurso para aqueles que chegam à História da Ciência pelo conhecimento da história geral. No entanto esse tipo de história, segundo Mayr, é muito genérico, pois as atividades humanas ligadas aos aspectos sociais e intelectuais são muito diversificadas e, portanto, não condiz com o objetivo da História da Ciência.

Porém, nenhum desses tipos de histórias satisfaz Mayr. Por isso ele opta por uma outra forma de história: a história de problemas, a qual se caracteriza pelo estudo dos problemas e não pelos períodos. Nessa concepção, os problemas científicos são compreendidos por meio de estudos de sua história, sendo que nessa abordagem é apresentada não apenas a história bem sucedida, mas também as tentativas fracassadas para a solução de problemas. Na história de problemas algumas questões devem ser consideradas, tais como a de especificar os problemas científicos do seu tempo, os instrumentos conceituais e técnicos de que se dispunha, os métodos utilizáveis, e as idéias influentes da época.

Na seção seguinte apresentaremos um esboço histórico do episódio da descoberta da transformação bacteriana.

### **3. Uma síntese histórica da descoberta do princípio da transformação bacteriana**

Frederick Griffith, em 1927, sabia da existência de duas linhagens da bactéria *Streptococcus pneumoniae*. Uma linhagem era capsulada (em que a célula é envolvida por uma cápsula de polissacarídeo) e outra não capsulada (em que a célula não apresenta envoltório de polissacarídeo). Pneumococos capsulados são patogênicos, isto é, causam pneumonia em animais, enquanto pneumococos sem cápsulas não causam a doença. A presença de cápsula é hereditária. Griffith observou que bactérias capsuladas mortas pela ação do calor perdiam a capacidade de causar doença. Porém, quando se misturavam essas bactérias com bactérias vivas não capsuladas, a mistura provocava a morte dos camundongos. Ou seja, bactérias não-

capsuladas adquiriam a capacidade de causar a doença, o que significava que elas haviam se transformado. Griffith imaginou a existência de um ‘fator de transformação’, mas não conseguiu explicá-lo. Em 1944, Oswald Avery e seus colaboradores demonstraram que uma solução contendo DNA purificado de bactérias capsuladas mortas, misturada com bactérias vivas não capsuladas, também provocava a morte dos camundongos. Assim, eles concluíram que o DNA era o ‘fator de transformação’, responsável pela transformação das bactérias. Nesta seção descreveremos alguns acontecimentos importantes do episódio da transformação bacteriana, descrição esta que procurará contextualizar a descoberta de Avery. Esse episódio encontra-se em diversos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e servirá de parâmetro para analisar como a História da Ciência está sendo neles apresentada.

Robert Olby relata que por volta de 1870 havia grande ceticismo relacionado ao assunto da espécie bactéria. “*O botânico Carl Nageli e Ferdinand Cohn negaram a existência delas [das bactérias], mas Robert Koch afirmou que elas existem*” (OLBY, 1974, p. 169). Uma vez estabelecida a existência das bactérias, não se trabalhava com a possibilidade de que elas pudessem sofrer mutação; ou seja: era aceita a não-mutação das bactérias, porém existia a necessidade de explicações quanto à sua agressividade na capacidade de causar a pneumonia. A capacidade de causar ou não pneumonia estava relacionada com o tipo da bactéria. Trabalhava-se então com a perspectiva de que a mudança de tipos; ou seja: com a variação das bactérias estava a possibilidade de mutação entre as espécies e dessa forma as mesmas poderiam se moldar às transformações do ambiente<sup>3</sup>. Sendo assim, existia o problema da variabilidade das bactérias.

Dentre os cientistas envolvidos com o problema da mutação entre os pneumococos, encontrava-se o médico Frederick Griffith, especialista em patologia. Griffith pesquisava uma vacina contra a pneumonia quando identificou que bactérias R<sup>4</sup> transformavam-se em S<sup>5</sup>. Em 1928 Griffith elabora uma explicação: essa transformação é acompanhada pela mutação entre as espécies, e com isso “*a concepção de uma ‘cultura pura’ de uma bactéria como um número de indivíduos absolutamente idênticos não é mais sustentável*” (OLBY, 1974, p. 173).

---

<sup>3</sup> De acordo com Olby (1974, p. 176 - 177), Griffith tinha uma visão lamarckista no qual acreditava que o ambiente atuava como um fator indutor de mutação nas bactérias.

<sup>4</sup> Forma R também chamada de rough; pneumococo de aspecto rugoso, sem cápsula e não patogênica.

<sup>5</sup> Forma S também chamada de smooth; pneumococo de aspecto liso, com cápsula e patogênica.

Quando Griffith injetava em camundongos as bactérias patogênicas mortas ou as não-patogênicas vivas, os camundongos não desenvolviam a pneumonia. Mas se injetasse nos animais a bactéria patogênica morta e a não-patogênica viva os camundongos desenvolviam a pneumonia, fato que ele achou estranho. Quando injetadas as células vivas da forma R de pneumococos não capsulados em camundongo, junto com as células de pneumococos capsulados da forma S mortas por aquecimento, os camundongos sucumbiam à infecção e morriam. Esse fenômeno da morte dos camundongos também não poderia ter sido simplesmente uma questão relacionada à capa de polissacarídeo da linhagem de bactérias lisas mortas sendo usada pelas células sobreviventes. Isso porque, não apenas o polissacarídeo pertencia a um tipo diferente daquele das células R sobreviventes, como também era resistente ao superaquecimento. Por outro lado, as células perdiam o poder de transformar as células R vivas se elas fossem aquecidas acima de 80°C. Para Griffith, a substância transformadora tinha que ser termo-sensível; o polissacarídeo era termo-estável (OLBY, 1974, p. 174). Embora tenha chegado a uma conclusão errada, como veremos a seguir, Griffith tentou explicar o fato.

Ele sugeriu que as bactérias não patogênicas vivas ingeriam uma substância proveniente da bactéria infecciosa morta, que chamou de ‘pabulum’<sup>6</sup>, e portanto atribuiu a este fenômeno uma explicação a partir dessa substância nutritiva (BRODY e BRODY, 2000, p. 351; OLBY, 1974, p. 175; WHITE, 2003, p. 337). Percebemos que Griffith descobriu a transformação das bactérias R em S, entretanto, sua explicação a respeito de um ‘pabulum’ não foi convincente, conseqüentemente, não foi acolhida pela comunidade científica da época.

Oswald T. Avery e seus colaboradores<sup>7</sup> analisaram o experimento sobre a transformação das bactérias e afirmaram que os pneumococos eram imutáveis. Mas a partir da afirmação de Griffith a situação quanto à mutação seguia no sentido oposto. Avery, que era cético em relação à possibilidade de mutação, após o resultado do experimento de Griffith, *“se recusou a aceitar a validade desta afirmação e esteve inclinado a considerar a descoberta como devido a controles experimentais inadequados”* (OLBY, 1974, p. 179). Assim, o experimento de Griffith poderia estar errado, ou seja, talvez não existisse a mutação. Após o resultado da descoberta de Griffith, Neufeld e seu assistente Levinthal, no Instituto Robert Koch em Berlim, rapidamente repetiram os experimentos de Griffith, repetição esta que confirmou a mutação. Diante disso,

---

<sup>6</sup> Pabulum é a designação de uma substância que pode ser usada como alimento.

<sup>7</sup> Em nosso trabalho quando ocorrer à citação de Avery subentende-se Avery e seus colaboradores.



Avery agora não tinha alternativa senão encarar essa descoberta. Contudo, isso não implica dizer que ele tenha aceitado a explicação para a transformação de bactérias R em S.

Mesmo percebendo a importância do *resultado* do experimento de Griffith, Avery tinha todas as razões para não aceitar a *explicação* de Griffith, uma vez que Avery estava “*comprometido com explicações estritamente químicas*” (OLBY, 1974, p. 178), além de que, Griffith acreditava que dentro das espécies havia características como o tipo de cápsula de polissacarídeo “*sujeito à mutação em resposta às condições do ambiente*” (OLBY, 1974, p. 177).

Em busca da explicação sobre os constituintes da transformação (ou seja: em busca de uma resposta à pergunta de qual seria a substância com capacidade para produzir a transformação bacteriana), muitos outros pesquisadores repetiram o trabalho de Griffith. Em 1933, Alloway realizou o experimento da transformação *in vitro* - isto é, sem a necessidade de injetar bactérias em camundongos - de célula livre de pneumococos; porém evitou se comprometer com a identidade química do agente. No experimento de Alloway foi utilizado sódio desoxicolate (sal de Bile)<sup>8</sup> para liberar o conteúdo das células dos pneumococos e estas, quando extraídas com solução salina, permaneciam tão ativas na transformação como as células de pneumococos intactas. Quando Alloway adicionava lentamente esta solução bacteriana salina a 500cc de álcool absoluto<sup>9</sup> resfriado, um xarope grosso precipitava-se. Pelos estudos e tecnologia da época, essa solução precipitada fibrosa biologicamente ativa provavelmente teria sido considerada uma proteína, mas definitivamente não um polissacarídeo, uma vez que este não era precipitado pelo álcool. Percebemos que Alloway por meio de seu experimento, preparou caminho para Avery, McLeod e McCarty, seus colaboradores, para a identificação e interpretação do agente de transformação através da realização da transformação *in vitro* de células de pneumococos.

A contribuição dos estudos enzimáticos também foi de extrema importância para elucidar essa questão. Vejamos segundo Olby, (1974, p. 183) o que Avery relatou: “*Extratos de pneumococos relativamente impuros eram submetidos a atividade enzimática na esperança que*

---

<sup>8</sup> Para o isolamento da molécula de DNA, a adição de sal no início da experiência proporciona um ambiente favorável. O sal contribui com íons positivos que neutralizam a carga negativa do DNA. Numerosas moléculas de DNA podem coexistir nessa solução (OLIVA & SERRANO, 1999, p. 12).

<sup>9</sup> Oliva e Serrano (1999, p. 9) explicam que o DNA não se dissolve no álcool. Nos experimentos, o álcool formará uma camada por cima da mistura de células. O DNA é menos denso que a mistura de células, mas mais denso que o álcool e assim, no início, ficará no meio onde as duas camadas se encontram na interface água/álcool.

*desta tentativa alguma pista pudesse ser obtida para a identidade do constituinte biologicamente ativo*". A partir de então, com o avanço da tecnologia e novos métodos de estudos enzimáticos, tinham-se novas perspectivas para a purificação do princípio transformante.

Avery, que trabalhava no Instituto Rockefeller, em Nova York, dedicou-se com apego ao problema da transformação bacteriana por aproximadamente 15 anos (BRODY e BRODY, 2000, p. 351; FERREIRA, 2003, p. 40; WHITE, 2003, p. 337). Tentou então a técnica da fracionamento para aumentar a pureza da sua substância. Então, álcool era adicionado até uma concentração crítica. *"O material ativo se separava na forma de cordões fibrosos que circulavam ao redor da haste retorcida"* (OLBY, 1974, p. 184). Quando essa substância fibrosa foi analisada, ela revelou a presença de fósforo dando uma forte indicação para que fosse o DNA, mas também apontava para o RNA. Na época Avery trabalhou com a possibilidade que eles estivessem lidando com DNA, mas usando de meios não muito certos.

De acordo com Olby (1974, p. 184) *"um exemplo da maneira como o problema da identidade foi resolvido, foi o procedimento do isolamento"*. A proteína pelo método clorofórmico, o polissacarídeo capsular pela digestão com uma enzima específica bacteriana que o hidrolisa, o ácido ribonucléico pela digestão enzimática com ribonuclease (OLBY, 1974, p. 184). Olby (1974) prossegue: *"A partir desta exposição, parece que a identidade da substância transformadora foi revelada lentamente, passo a passo"* (p. 184). E adianta-se: *"Além disso, tínhamos boas evidências de que a enzima que destruía a atividade era a DNase [...] Tal fato contribuiu para limitar as coisas e chegar a maiores evidências [...]"* (OLBY, 1974, p. 185). Estes resultados contribuíram para a elucidação de que o DNA era o agente da transformação em bactérias.

Avaliando que o princípio transformador não era a capa de açúcar nem as proteínas, Avery suspeitou que o princípio transformador fosse um dos ácidos nucléicos. O passo seguinte foi a precipitação dos ácidos nucléicos com álcool. Neste caso, o precipitado foi dissolvido em água. Avery usou a enzima RNase para quebrar o RNA. Então a solução foi testada, e ela ainda tinha a habilidade de transformação. Portanto o RNA não era o princípio transformador. O que havia restado era praticamente DNA puro. Colocou-se então, a enzima DNase, que digere o DNA e essa solução não foi mais capaz de transformar a linhagem R em S, demonstrando que esse era o agente transformador.

Avery, em 1944, conseguiu demonstrar que o princípio transformante era o DNA puro e não uma proteína associada, como afirmado por alguns adversários seus (DUCLÓS, 2004, p. 3; MAYR, 1988, p. 912; OLBY, 1974, p. 191). Por mais que os defensores da idéia de que as proteínas, e não o DNA, eram as responsáveis pela transformação bacteriana (pois acreditavam que mesmo após a purificação, poderiam restar quantidades mínimas de proteínas e que essas eram as responsáveis pela transformação das características hereditárias das bactérias R em S), com essas novas descobertas se tornou menos simples a defesa de que as proteínas seriam as causadoras da transformação.

Veremos agora, na próxima seção, que tais descobertas podem ser contextualizadas às dinâmicas da história do episódio, dinâmicas estas que revelam outros aspectos importantes da descoberta que vão além do experimental.

#### **4. Aspectos historiográficos da transformação bacteriana**

##### **4.1 A aceitação dos resultados de Avery**

O experimento de Avery não foi recebido sem reservas pela comunidade científica. Como até hoje se considera que o experimento de Avery foi fundamental para a construção do modelo da dupla hélice do DNA (Olby 1974), e portanto para a genética, podemos considerar que um ponto importante para a aceitação dos resultados de Avery era o de relacionar esta descoberta advinda da microbiologia com a genética. De acordo com McHelheny (2003, p. 13), esta relação somente se estabeleceu em 1946, com os trabalhos de Joshua Lederberg, o qual legitimou as bactérias como organismos confiáveis para análises genéticas. Deste modo, sem este elo, o leitor poderia ser levado a concluir que a evidência da microbiologia sempre pode ser considerada como evidência a favor da genética (e por isso essa relação não precisaria ser explicada).

Uma vez que o experimento de Avery foi legitimado, ele tornou-se um guia para as investigações futuras acerca da estrutura química do DNA sendo de importância decisiva para a construção do modelo da dupla-hélice. Pois, depois da aceitação dos resultados, muitos

pesquisadores passaram a se interessar pelo DNA, procurando conhecer melhor a sua estrutura e composição química, na tentativa de desvendar e revelar os mecanismos pelos quais as informações armazenadas em estruturas moleculares relativamente simples, poderiam se manifestar em uma enorme variedade de caracteres hereditários.

Entre estes pesquisadores não podemos deixar de mencionar Erwin Chargaff<sup>10</sup> que ao investigar as bases nitrogenadas do DNA, que algum tempo depois forneceriam um dos elementos teóricos para a construção do modelo do DNA, havia proposto em 1950 uma relação que em seguida ficou conhecida como as ‘relações de Chargaff’, em que uma base adenina estabelecia ligação com uma base timina (A-T) e uma base citosina se ligaria com uma base guanina (C-G). Acolhendo a relação descrita por Chargaff, de que para cada adenina haveria uma timina (A+T=1) e que para cada citosina haveria uma guanina (C+G=1), James Watson e Francis Crick sugeriram que a dupla hélice do DNA, seria unida por ponte de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

Em 1953, o papel principal a respeito do material genético iria pertencer a dois cientistas, James Watson e Francis Crick, que estruturaram o modelo conceitual conhecido como a dupla hélice<sup>11</sup>. Tal modelo abriu as portas à genética moderna dando um impulso à engenharia genética, à decifração do genoma humano e à clonagem.

Queremos aqui lembrar que, de acordo com Olby, o trabalho desenvolvido por Griffith e Avery não foi negligenciado, foi especial e significativo, marcando o início de uma nova era na qual havia um compromisso com a busca pela base química das especificidades dos ácidos nucléicos. O resultado dessas pesquisas foi crucial para Watson e Crick. *“O que fez com que a microbiologia talvez fosse além de um desejo primário de evitar e curar doenças infecciosas, até chegar a sua preocupação atual com a biologia molecular, provavelmente foi a descoberta de Avery”* (Olby, 1974, p. 205). Deste modo, o experimento de Avery sugeriu um caminho para a mais relevante de todas as questões acerca da hereditariedade.

---

<sup>10</sup> Para uma apreciação contrária ver o estimulante estudo de Batisteti, Araújo e Caluzi (2008, p. 89).

<sup>11</sup> Queremos registrar aqui que não trataremos da importância de outros dados experimentais utilizados para a construção do modelo da dupla-hélice, como os experimentos com cristalografia para o DNA.

## 4.2. Uma teoria de fundo

Outro aspecto a ser considerado está relacionado com o desenvolvimento, na década de trinta do século passado, da polimeria, ou seja, do ramo da química que estuda o tamanho e o peso das macromoléculas. O conceito de macromoléculas polimerizadas exerceu grande importância para a elucidação do material hereditário da transformação bacteriana. Quando a nova teoria sobre os polímeros tornou-se conhecida, esta permitiu aos químicos que pesassem as moléculas favorecendo assim a investigação sobre a natureza química dos cromossomos (Mayr, 1988, p. 911).

Para Mayr (1998, p. 911), Griffith não dispunha de uma teoria da polimeria, a qual foi desenvolvida apenas na década de 30, por Kol'tsov. Como já adiantamos, esta teoria dos polímeros permitiu conceber experimentos para pesagem de moléculas. Tal pesagem foi fundamental, pois, na época de Griffith, não se sabia que o agente da transformação era o DNA, e, além disso, se suspeitava que as proteínas fossem os tais agentes pelo fato de serem presumivelmente maiores e mais complexas do que o DNA.

Quando os testes foram realizados, na década de 30, verificou-se que as moléculas de DNA eram mais pesadas que as moléculas de proteínas. Agora a principal oposição contra a idéia de que o material hereditário fundamental fosse o DNA estava inutilizada, pois a insignificância presumida acerca do DNA revelava-se um erro. Deste modo, mesmo que este teste por si só não tenha sido o argumento definitivo a favor do DNA como agente da transformação, de acordo com Mayr ele inegavelmente abriu caminho para investigações como as de Avery. Podemos concluir que para Mayr a recepção ao trabalho de Griffith, mesmo que este tivesse chegado à conclusão de que o DNA seria o agente da transformação, não seria a mesma que foi para Avery.

Acrescentamos que a hipótese de Mayr é extremamente esclarecedora a respeito do comportamento da comunidade científica, que, mesmo sem evidências experimentais, dava preferência às proteínas como agentes de transformação, revelando um preconceito científico contra o DNA. Preconceito este totalmente explicável com base em considerações filosóficas (a

respeito da ciência) familiares a certos modelos filosófico-historiográficos que se tornaram comuns na Filosofia da Ciência.

### **4.3 Orientações metodológicas**

A orientação metodológica com a qual Griffith trabalhava, de acordo com Olby, era de matiz lamarckista; no sentido de que Griffith acreditava que o ambiente operava como um fator indutor de modificações nas bactérias. Os fatores ambientais de fato provocam mudanças de fenótipo nos organismos, por exemplo, a exposição prolongada ao sol torna nossa pele mais morena, porém essas mudanças adquiridas não são transferidas aos descendentes. Podemos perceber isto quando Olby (1974, p. 176 - 177), relata que Griffith tinha a “idéia que dentro das ‘espécies’ havia características tais como o tipo de cápsula de polissacarídeo sujeito à mutação em resposta às condições do ambiente”. Para Olby isto significava que Griffith, talvez sem se dar conta, tinha uma visão lamarckista, supondo que o ambiente atua como um agente solicitador de modificações genéticas nos seres vivos.

Já para Avery a transformação não ocorria em função de uma solicitação do ambiente, mas a partir do envio de informações genéticas responsáveis pela transformação. Podemos concluir que, para Olby, Griffith estava adotando uma linha metodológica de investigação que, por estar baseada numa orientação lamarckista, não chegaria às conclusões obtidas por Avery. Deste modo não se pode afirmar que Griffith simplesmente não conseguiu explicar o fator da transformação nas bactérias, pois isto merece uma consideração; ou seja, é preciso explicar por que Griffith não conseguiu realizar o mesmo que Avery.

### **4.4 Considerações gerais sobre a seção**

Percebemos então que algumas considerações de natureza historiográfica tornam de difícil sustentação uma comparação entre os trabalhos de Griffith e os de Avery, bem como é de difícil sustentação alguma forma de explicar o episódio a partir da suposição de continuidade das pesquisas. Veremos agora como este episódio é apresentado em alguns livros didáticos.

## 5. O episódio da transformação nos livros didáticos

Nesta seção apresentaremos algumas descrições das narrativas a respeito da transformação bacteriana em alguns manuais de Biologia do Ensino Médio, as quais nos ajudarão a perceber como HFC se apresenta nesses manuais didáticos.

Os livros analisados foram: Amabis e Martho (1985); Silva Jr e Sasson (2005); Mercadante, Brito, Almeida, Trebbi e Favaretto (1999) e Morandini e Bellinello (1999). A metodologia de análise dos livros segue o padrão historiográfico da história de problemas de Mayr, apresentada na segunda seção. No entanto a intenção desta análise segundo a história de problemas não é crítica, e nem mesmo uma tarefa de verificação simplificada da presença ou ausência de uma história de problemas. Ao invés pretendemos apresentar nossa análise como construtiva; ou seja: procuraremos explorar as potencialidades das narrativas historiográficas.

Começamos com Amabis e Martho (1985, p. 7)<sup>12</sup>: “Até os anos 40, os ácidos nucléicos não despertaram maiores interesses [...]. Este quadro [...] mudou [...] na segunda metade daquela década, quando surgiram as primeiras evidências de que o DNA era o material hereditário dos seres vivos”. Esta primeira passagem aponta claramente uma preocupação dos autores com a construção de uma história de problemas, uma vez que existe a menção explícita da relação entre a transformação bacteriana e a posterior construção do modelo da dupla hélice do DNA.

Outro ponto bastante interessante da narrativa de Amabis e Martho é a afirmação historiográfica de que a extrapolação das conclusões de Avery só foi levada a cabo algum tempo depois, (1985, p. 9): “Em 1944, as experiências de Avery [...] revelaram [...] que o DNA *era nada menos que a substância responsável pela hereditariedade*. É claro que esta conclusão tornou-se ampla apenas mais tarde”.

---

<sup>12</sup> Amabis e Martho lançaram outro livro didático em 2004. Porém, para os propósitos de nossa investigação, optamos pelo seu livro de 1985. Além disso acrescentamos que as duas passagens aqui citadas não possuem contradição com a narrativa de 2004, estando a segunda passagem inclusive presente de algum modo no livro de 2004.

Novamente percebemos aqui um indício da existência de uma explicação historiográfica a partir de uma história de problemas. Entretanto o ponto não é desenvolvido, ficando o leitor apenas com a informação de que a extrapolação ocorreria mais tarde. E a despeito de esta informação, por si só, já sugerir algo interessante para uma reflexão (acerca do porquê da demora da extrapolação), fica a sensação de que o livro *poderia*, aqui, apresentar ao leitor uma nova informação: a de que a extrapolação dos resultados de Avery dependeu de investigações a respeito da confiabilidade genética das bactérias como material investigativo; além disso Amabis e Martho fornecem aqui uma informação-chave para o início de uma reflexão sobre a questão: as conclusões de Avery diziam respeito *apenas* às bactérias (“ao menos para as bactérias”). Neste sentido os próprios autores possuem, em seu relato histórico, as ferramentas imprescindíveis para reflexões historiográficas enriquecedoras acerca do episódio, e certamente parecem estar muito próximos da construção de uma história de problemas, considerando as duas passagens que acima citamos.

Já Morandini e Bellinello afirmam (1999, p. 384–387): “A identificação do DNA como material genético resultou de dois famosos experimentos: *a transformação bacteriana e a experiência do liquidificador*”. A despeito de termos aqui uma descrição altamente sintética e centrada numa história da experimentação, este curto parágrafo sugere interessantes possibilidades que, infelizmente, não foram desenvolvidas no livro, uma vez que os autores fizeram a opção por uma história voltada tão somente para os aspectos experimentais. Entretanto é importante registrar que a descrição é sugestiva e, se explorada adequadamente, poderia se inscrever como um ponto de partida para uma reflexão a respeito da relação entre a transformação bacteriana e a genética.

Silva e Sasson apresentam o seguinte relato histórico (2005, p. 82-84): “Faz menos de 50 anos que se compreendeu que os genes [...] são pedaços de [...] DNA. Até aquela época, muitos pesquisadores importantes acreditavam que os genes fossem proteínas [...]”. Esta interessante passagem aponta claramente um indício de uma história de problemas, sobretudo pela descontinuidade apontada acerca do que se pensava antigamente e de como desde 50 anos atrás se pensa. Em seguida os autores narram os experimentos de Griffith e Avery e, finalmente, apresentam Watson e Crick como os proponentes da dupla hélice. Ou seja: claramente há o esforço de se conectar o episódio da transformação bacteriana com a genética molecular. Porém o



esforço não é acompanhado por nenhuma pista acerca dos desdobramentos dos episódios no que diz respeito aos problemas da época. Os autores optam por uma história descritiva e cronológica com ênfase, exceto no parágrafo destinado a Watson e Crick, aos aspectos experimentais. Entretanto, apesar de o parágrafo destinado a Watson e Crick não enfatizar a experimentação, ele se limita a descrever a entrada em cena destes dois cientistas.

Vejamos agora Mercadante *et.al* (1999, p. 141): “Avery, MacLeod e McCarty demonstraram [...] que uma solução contendo DNA obtido de bactérias capsuladas mortas, misturada com bactérias vivas não capsuladas, também provocava a morte dos camundongos [...]. Assim, o DNA era o “fator de transformação” [...].”

Analisando este livro didático identificamos nada menos do que a ausência do nome de Griffith em sua narrativa. A pergunta que faríamos é: que tipo de ganho historiográfico se obteria com a menção nominal? O leitor pode perceber isto acrescentando o seguinte período antes de “pneumococo” na primeira frase da citação acima: “Em 1928 Frederick Griffith descobriu que .....”. Novamente reiteramos que, sem um ponto de inflexão historiográfico, a inclusão nominal seria tão somente uma inclusão nominal. Naturalmente caberia aqui a objeção: “mas o problema é que, do modo como está, com esta omissão, o leitor pode pensar que Avery é tanto o ponto de partida quanto a solução para o problema, algo raro na história da ciência; então, inclusive de modo a legitimar uma compreensão de ciência que privilegia sua historicidade e sua dinâmica, a menção a Griffith seria altamente desejável”. Evidentemente não negamos a importância desta legitimação (aliás, este artigo tenta inclusive reforçá-la); o que suspeitamos é que a menção nominal não é exatamente o recurso definitivo para tal legitimação da historicidade e dinamismo da ciência. E é claro também que o ponto aqui não diz respeito a usar ou não o nome “Frederick Griffith”. Deste modo, o acréscimo antes sugerido (“Em 1928 Frederick Griffith descobriu que .....”) seria meramente nominal. Por outro lado, a inclusão de um ponto de inflexão – tal como: “Avery era cético a respeito da própria possibilidade da transformação“ - como acréscimo à informação histórica de que Avery descobriu que o DNA era o fator da transformação poderia conduzir o leitor do livro a uma reflexão que atenderia a reivindicação acima colocada a respeito da natureza histórica e dinâmica do conhecimento científico, uma vez que mostraria o desenvolvimento e a dinâmica reais de um investigador (no caso, Avery).

## Conclusão

Podemos perceber, em nossa análise, que alguns livros didáticos são, para dizer o mínimo, sugestivos quanto às possibilidades por eles abertas para a construção de uma história de problemas. Quando, por exemplo, Amabis e Martho apresentam a concepção de que a utilização mais ampla dos resultados de Avery demandou algum tempo, ou quando, por exemplo, Morandino e Bellinello conectam de forma explícita a genética do DNA com a transformação bacteriana, se percebe uma inclinação – ainda que não mais do que isso – em direção à complexidade que a historiografia demonstra existir neste episódio (e em muitos outros, é claro). E o que poderia figurar aqui como um acréscimo?

Uma resposta intuitiva a esta questão seria: “mais história”. Não sabemos se esta seria a melhor resposta, mesmo porque talvez mais história signifique apenas “mais informação” – e com isso o problema permaneceria. Uma segunda sugestão seria: “mais e melhores histórias”. O problema aqui é que, de fato, se conecta “mais” e “melhor” por meio de uma relação de necessidade – se for mais então será melhor; se for melhor então será mais. E isto é um problema tanto de natureza prática (teriam os livros espaços para a inclusão de mais conteúdo histórico?) quanto de natureza conceitual (será que “mais” efetivamente *implica* “melhor”?).

Diante disso optamos aqui por uma sugestão; nossa sugestão é a de que a despeito de não podermos, a princípio, nos manifestarmos de modo *contrário* à inclusão de uma quantidade maior de história, podemos efetivamente optar pelo “melhor” antes mencionado. Mas o que seria este “melhor”, já que ele não se apresenta necessariamente como denotando uma ocupação de espaço gráfico? Em nossa perspectiva “o melhor” seria, simplesmente, uma expressão denotativa de uma história que, conquanto curta (embora a dimensão não esteja aqui, de fato, em questão), enfatize (e não apenas sugira) *grandes pontos de inflexão* (tais como os apresentados na seção 4 deste artigo) do período histórico que se quer narrar.

Finalizando, queremos deixar claro que não estamos a criticar análises que argumentam a favor de uma inclusão (qualificada) de mais conteúdo histórico. Nossa perspectiva se limita a apresentar esta possibilidade de inserção da história por meio destes grandes pontos de inflexão.

## Referências

BATISTETI, C; ARAÚJO, S; CALUZI, J. As Interpretações dos Estudos de Avery, MacLeod e McCarty sobre a Natureza Química do “Fator Transformante” em Bactérias. *Filosofia e História da Biologia* 3, p. 95-117, 2008.

BRODY, D. E.; BRODY, A.R. *As sete maiores descobertas científicas da história*. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

CARNEIRO, M. H.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. *Ciência & Educação*, v.11, n. 1, p. 33-39, 2007.

DIRETRIZES CURRICULARES DE BIOLOGIA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA. Curitiba: 2006.

DUCLÓS, C. C. A. *Identificação do material hereditário em bactérias*. Disponível em <http://www.biomol.org/historia/identifbact.shtml>. último acesso em: 28 jun. 2007.

FERREIRA, R. *Watson & Crick. A história da descoberta da estrutura do DNA*. São Paulo: Odysseus Editora, 2003.

FREITAG, B.; COSTA, W. F. e Motta, V. R. **O livro didático em questão**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1997.

MARTHO, G. R.; AMABIS, J. M. *Biologia*. v 3. São Paulo: Moderna, 1985.

MAYR, E. *O Desenvolvimento do Pensamento Biológico*. Brasília: UNB. 1998.

MCHELHENY, V. *Watson and Dna*. Cambridge: Perseus Publishing. 2003

MERCADANTE, C et. al. *Biologia*. 1. ed. v. único. São Paulo; Moderna. 1999.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília, 1999.

MOLINA, O. *Quem engana quem?* Professor x Livro didático. 2. ed. Campinas: Papyrus. 1988.

MORANDINI, C.; BELLINELLO, L.C. *Biologia*. v. único. São Paulo; Atual. 1999.

OLBY, R. *The path to the double helix*. Seattle: University of Washington Press, 1974.

OLIVA, C.; SERRANO, M. I. *Extracção de DNA*. Universidade de Évora. 1999. Disponível em [http://www.dbio.uevora.pt/LBM/Foco/Extraccao\\_DNA.html](http://www.dbio.uevora.pt/LBM/Foco/Extraccao_DNA.html). Último acesso em: 9 ago.2007.

PNLEM. *Catálogo do programa nacional do livro para o ensino médio*. Brasília, 2007.

PRETTO, N. *A ciência nos livros didáticos*. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp e Editora da Universidade Federal da Bahia, 1985.

SILVA, C.J.; SASSON, S. *Biologia*. 8. ed. v. 1. São Paulo: Saraiva, 2005.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de ciências no ensino fundamental – Proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação*, v.9, n.1, p. 93 - 104, 2007.

WHITE. M. *Rivalidades produtivas. Disputas e brigas que impulsionaram a ciência e a tecnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2003.

**SANDRA REGINA GIMENEZ ROSA** é professora de Biologia do Ensino Médio da Rede Estadual de Ensino no Estado do Paraná, atuando na Escola Estadual Presidente Kennedy, em Rolândia. É mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) e atualmente faz parte do Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE) do Estado do Paraná.

**MARCOS RODRIGUES DA SILVA** é professor do Departamento de Filosofia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), e atua como professor efetivo no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL. É doutor em filosofia pela Universidade de São Paulo, com tese na área de filosofia da ciência, destacando-se, nesta área, as investigações ligadas ao empirismo e os problemas das teorias da explicação científica. Atua também como professor efetivo no Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UEL. Está vinculado do grupo de pesquisa do Museu de Ciências e Tecnologia da UEL. Seus interesses de pesquisa estão relacionados às áreas de filosofia da ciência, historiografia da ciência e ensino de ciências, nas quais têm publicado com regularidade. Atualmente recebe apoio da Fundação Araucária do Paraná para desenvolver o projeto de pesquisa *Empirismo na filosofia da ciência: holismo e significado dos conceitos e enunciados científicos*, do qual é coordenador. Sua página na internet pode ser localizada em: <http://www2.uel.br/cch/filcoleg/mrs/index.htm>.