



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

SANDRA REGINA GIMENEZ ROSA

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS
DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO: ANÁLISE
DO CONTEÚDO SOBRE O EPISÓDIO DA
TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA E A SUA RELAÇÃO COM
A DESCOBERTA DO DNA COMO MATERIAL GENÉTICO**

SANDRA REGINA GIMENEZ ROSA

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS
DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO: ANÁLISE
DO CONTEÚDO SOBRE O EPISÓDIO DA
TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA E A SUA RELAÇÃO COM
A DESCOBERTA DO DNA COMO MATERIAL GENÉTICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação, em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues da
Silva

Londrina
2008

SANDRA REGINA GIMENEZ ROSA

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO: ANÁLISE DO CONTEÚDO SOBRE O
EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA E A SUA RELAÇÃO
COM A DESCOBERTA DO DNA COMO MATERIAL GENÉTICO**

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado em Ensino de Ciências e Educação
Matemática, da Universidade Estadual de
Londrina, como requisito parcial à obtenção
do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva
UEL – Londrina –PR

Prof.^a. Dr.^a Rosana Figueiredo Salvi
UEL – Londrina –PR

Prof. Dr. Rogério Fernandes de Souza
UEL – Londrina –PR

Londrina, 30 de junho de 2008

Ao meu esposo **Moacir** e filhos **Victor, Vinícius e Daniel.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, perseverança e socorro bem presente.

Ao Professor, Filósofo e Doutor Marcos Rodrigues da Silva, por ter acreditado no meu trabalho e ter compartilhado seus conhecimentos e experiências tornando possível chegar a este momento.

A todos os meus familiares que muitas vezes ficaram sem a atenção merecida pelo tempo que me dediquei à pesquisa, mas me incentivaram e me deram apoio ao longo deste trabalho.

Ao Professor e Doutor Rogério Fernandes de Souza, pela atenção, valiosas sugestões e disponibilidade de compartilhar no Exame de qualificação e compor a banca examinadora desta Dissertação.

A Professora e Doutora Rosana Figueiredo Salvi, pelas suas preciosas colocações que sempre contribuiu com esta pesquisa e por participar do Exame de qualificação e compor a banca examinadora desta Dissertação.

A todos os professores do Mecem que tive a grata satisfação de conhecê-los e participar de suas aulas.

Aos amigos deste curso de mestrado, especialmente a Meiri Alice Rezler, por ter sempre me incentivado na realização desta pesquisa. A minha 'irmãzinha de mestrado' Edmara Silvana Jóia Zamberlan por seu carinho e cuidado ao longo desta caminhada. A Cecília Helena Vechiatto dos Santos por ter sempre se colocado à disposição para o desenvolvimento desta pesquisa.

A minha Diretora Edenir Cremonezzi, por ter incentivado diretamente e indiretamente esta pesquisa. O seu entendimento e compreensão foram essenciais ao longo deste meu período de mestranda.

Ao meu amado sobrinho Walister Diego Furoní Gimenez a quem perdi durante a conclusão desta pesquisa. Um dia contar-lhe-ei como foi à defesa deste trabalho.

A amiga Marli Balzan Cavalaro Benini que muito contribuiu para o término deste trabalho. Obrigado por ter cruzado o meu caminho e ter partilhado seus conhecimentos.

A todos os meus amigos, especialmente a Marcela e Manuela Daher por ter me socorrido neste tempo de mestrado e disponibilizado o seu tempo, para que eu tivesse tempo de estudar.

ROSA, Sandra R. G. **História e filosofia da ciência nos livros didáticos de biologia do ensino médio**: análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana e a sua relação com a descoberta do DNA como material genético. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, 2008.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar a História da Ciência que está sendo apresentada nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. A proposta da inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) nos livros didáticos se baseia no princípio que o livro didático é fundamental para o processo de ensino aprendizagem, pois é um instrumento pelo qual os alunos são introduzidos na aprendizagem de uma disciplina científica. Portanto, devido a sua ampla utilização e elemento fundamental pedagógico, o livro didático necessita ser bem estruturado. Desse modo, a nossa investigação parte do seguinte questionamento: Que tipo de história esta sendo apresentada nos livros didáticos, já que ela é um excelente recurso pedagógico? Para responder essa questão, o presente estudo buscou subsídio nas historiografias de Robert Olby, nos tipos de histórias de Ernst Mayr que privilegia a história de problemas e nas idéias do filósofo da ciência Thomas Kuhn. Com esses três referenciais teóricos foi possível realizar um estudo de caso sobre a História da Ciência nos livros didáticos. Para a realização deste estudo, analisamos nove livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e uma apostila. O assunto escolhido para a análise desta pesquisa foi o episódio da transformação bacteriana, pois este se encontra na maioria dos livros didáticos e está relacionado ao paradigma da genética molecular. A partir dos resultados obtidos procuramos mapear as formas pelas quais a História e a Filosofia da Ciência se encontram presentes nos livros didáticos, bem como o modo de sua estruturação.

Palavras chave: Ensino de ciências. Livro didático de biologia. História e filosofia da Ciência.

ROSA, Sandra R. G. **History and philosophy of science in school books of biology of high school**: analysis content about the episodes of the bacterial transformation and its relation to a discovery of the DNA as genetic material. 2008. 108f. Dissertation (Master in Teaching of Science and Mathematics Education) – State University of Londrina, 2008.

ABSTRACT

This research has as a main goal to examine the History of Science that has been presented in school books of Biology in the high school. The proposal of inserting History and Philosophy of Science (HFCs) in school books is based on the principle that the school book is crucial to the process of teaching and learning because it is an instrument by which students are placed in the learning of a scientific subject. So, due to its wide use and fundamental pedagogical element, the school book needs to be well structured. Thus, our research starts from the following question: What kind of history has been presented in school books, once that it is an excellent pedagogical resource? To answer this question, this study searched subsidies in historiographies of Robert Olby, the types of stories of Ernst Mayr that favor the history of problems and the ideas of the philosopher of science Thomas Kuhn. With these three theoretical reference it has been possible to perform a study of case about the History of Science in school books. For the performance of this study, we analyzed nine school books of Biology of high school and an apostile. The subject chosen for the analysis of this research was the episode of bacterial transformation, because it is a subject that is in the majority of the school books and is related to the paradigm of molecular genetics. From the obtained results we looked for mapping the ways in which the History and Philosophy of Science are present in school books as well as the format of its structure.

Key words: Teaching of sciences. Science. School book of biology. History and philosophy of science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de pneumococo com cápsula e sem cápsula.....	25
Figura 2 – Experimento de Griffith simplificado	27
Figura 3 – Experimento de Griffith.....	28
Figura 4 – Experimento de Alfred D. Hershey e Martha Chase com bacteriófagos.....	38

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1	24
CAPÍTULO 2	43
2.1 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO – 1995.....	43
2.2 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MERCADANTE, BRITO, ALMEIDA, TREBBI E FAVARETTO – 1999.....	47
2.3 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MORANDINI E BELLINELLO – 1999	49
2.4 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO – 2004.....	52
2.5 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE SILVA JR E SASSON – 2005	55
2.6 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE FAVARETTO E MERCADANTE – 2005.....	58
2.7 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DO PAULINO – 2005.....	60
2.8 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE LINHARES E GEWANDSZNAJDER – 2005.....	62
2.9 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE LOPES E ROSSO – 2005.....	63
2.10 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NA APOSTILA DO COLÉGIO NOBEL, SD RESUMO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS CONTEMPLADOS E ANALISADOS EM TODOS OS MANUAIS DIDÁTICOS	64
CAPÍTULO 3	69
3.1 DESENVOLVIMENTO GERAL DE CIÊNCIA DE ACORDO COM KUHN	71
3.2 RELAÇÕES ENTRE CONCEITOS – CAPÍTULO 9	75

CAPÍTULO 4	82
4.1 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO – 1995.....	86
4.2 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MERCADANTE, BRITO, ALMEIDA, TREBBI E FAVARETTO – 1999	89
4.3 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MORANDINI E BELLINELLO – 1999	89
4.4 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO – 2004.....	91
4.5 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE SILVA JR E SASSON – 2005	95
4.6 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE FAVARETTO E MERCADANTE – 2005.....	97
4.7 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DO PAULINO – 2005.....	99
4.8 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE LINHARES E GEWANDSZNAJDER – 2005.....	99
4.9 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE LOPES E ROSSO - 2005	100
4.10 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NA APOSTILA DO NOBEL, SD.....	101
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS	106

INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem praticado atualmente em nossas escolas vem encontrando resistência por parte dos alunos. Em especial, no Ensino Médio, os professores citam como causa dessa resistência, a baixa participação nas aulas, causada pela falta de interesse nos conteúdos e desmotivação dos alunos; a disparidade entre idade e série freqüentada; problemas de estruturação do livro didático e, como conseqüência final, a desistência do curso no decorrer do ano letivo.

Quanto à estruturação do livro didático, ou a falta dela, esta incide na maneira em que a História da Ciência se apresenta. A maioria dos livros didáticos trazem ilustrações dos acontecimentos a serem abordados no capítulo, alguns fatos ocorridos com cientistas que possam colaborar com o desenvolvimento do assunto, sem, em nenhum momento, apresentar aspectos filosóficos ou discussões que poderiam auxiliar na compreensão do momento histórico da época e do desenvolvimento científico contido nesse contexto.

Em sua obra, Charlot (2000, p. 15) relata que:

[...] os docentes recebem diariamente em suas salas de aula alunos que não conseguem aprender o que se quer que eles aprendam, os dispositivos de inserção acolhem diariamente jovens sem diploma e às vezes sem pontos de referência.

Isso evidencia a baixa qualidade do sistema educacional. Portanto há de se pensar em estratégias para que esse quadro crítico se reverta.

Diante dessa situação e, como algumas vezes se afirma que ela desperta a necessidade da busca de novas metodologias, novos recursos e novas técnicas por parte do professor, buscaremos então, investigar de que modo poderíamos contornar tal situação.

Com esse objetivo, nosso trabalho se concentrará na investigação da estrutura narrativa de alguns livros didáticos, como esta poderia ser compreendida a partir de uma abordagem que considere a história das realizações científicas e a forma como estes livros didáticos narram a história do desenvolvimento de certas realizações.

Para a realização de tal intento, partiremos da premissa que a proposta da inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) nos livros didáticos,

baseia-se no princípio de que, este, enquanto ferramenta acessível e utilizada pelos professores e alunos, é muito útil. Portanto, devido a sua ampla utilização e como elemento pedagógico fundamental, o livro didático necessita ser de boa qualidade.

A descrição oferecida por Vasconcelos e Souto (2003, p. 93 - 94) ilustra com clareza nossa afirmação a respeito 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.

E prosseguem:

[...] os livros de Ciências têm uma função que os difere dos demais - a aplicação do método científico, estimulando a análise de fenômenos, o teste de hipóteses e a formulação de conclusões.

[...] deve ser um instrumento capaz de promover a reflexão sobre os múltiplos aspectos da realidade e estimular a capacidade investigativa do aluno para que ele assuma a condição de agente na construção do seu conhecimento.

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 apenas para facilitar a explicação da história narrada. É a história fato a fato e apresenta apenas uma sucessão de acontecimentos encobrindo o problema em questão.

Embora os livros de Ciências usados no Ensino Fundamental apresentem a aplicação do método científico, muitas vezes este conteúdo não promove a reflexão e nem estimula a capacidade investigativa do aluno¹, apenas expõe datas e fatos, não revelando o processo de contexto da história.

Concordamos com Pretto (1985, p. 77) em sua colocação:

¹ A referência a alunos não compromete o trabalho com uma análise de aprendizagem por parte dos mesmos, ou seja, nosso trabalho não aborda a aprendizagem, mas o modo como as histórias são narradas nos livros didáticos de Biologia

A apresentação da ciência é absolutamente a-histórica. Sem referência a 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, como já dizíamos, um armazém, 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 (PNLD) 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 PNLD, os educadores puderam deixar de lado livros que traziam erros conceituais e avançaram 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 Nacionais² (PCN), bem como a evolução do próprio PNLD (VASCONCELOS; SOUTO, 2003, p. 95).

Por oferecer a liberdade de escolha do livro didático pelo professor e por estar em conformidade com as Diretrizes Curriculares Nacionais³ 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 o PNLEM (2007, p. 11-14), são definidos critérios comuns de natureza eliminatórios e de qualificação para a avaliação das obras didáticas inscritas para o PNLEN/2007. São eliminadas as obras que não observarem os seguintes critérios: i) correção e adequação conceituais e correção

² Os Parâmetros Curriculares Nacionais favorecem debates educacionais que envolvam escolas, pais, governos e sociedade e dão origem a uma transformação positiva no sistema educativo brasileiro (PCN, 1998, p. 5)

³ 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).

das informações básicas; ii) coerência e pertinência metodológicas e iii) preceitos éticos.

Quanto ao critério 'correção e adequação conceituais e correção das informações básicas', será excluída a obra didática que formular erroneamente os conceitos, fornecer informações básicas erradas e ou desatualizadas e mobilizar de forma inadequada esses conceitos e informações, levando o aluno a construir erroneamente conceitos e procedimentos.

Sobre o critério respeito de 'coerência e pertinência metodológicas', entre vários itens de eliminação, citaremos: deverá ser observada a obra didática que não explicita suas escolhas teórico-metodológicas, não alerte sobre os riscos na realização das atividades propostas e não recomende claramente os cuidados para preveni-los; não contribua, por meio das opções efetuadas, para: o desenvolvimento de capacidades básicas do pensamento autônomo e crítico (como a compreensão, a memorização, a análise, a síntese, a formulação de hipóteses, o planejamento e argumentação), adequadas ao aprendizado de diferentes objetos de conhecimento e para a percepção das relações entre o conhecimento e suas funções na sociedade e na vida prática.

Em relação ao critério 'preceitos éticos': a obra não poderá privilegiar um determinado grupo, camada social ou região do país, veicular preconceitos de origem, cor, condição social, gênero, orientação sexual, fazer doutrinação religiosa, veicular idéias que promovam o desrespeito ao ambiente e outros.

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.

Citaremos agora alguns critérios de qualificação para as obras selecionadas:

Quanto à 'construção de uma sociedade cidadã', espera-se que a obra didática aborde criticamente as questões de sexo e gênero, de relações étnico-raciais e de classes sociais, denunciando toda forma de violência na sociedade e promovendo positivamente as minorias sociais. Espera-se que a obra seja caracterizada pelo uso de uma linguagem gramatical correta.

Em relação ao 'livro do professor', é fundamental que ele, entre outras, descreva a estrutura geral da obra, sugira atividades complementares, como projetos e pesquisas e informe o professor a respeito de conhecimentos atualizados.

Sobre a 'estrutura editorial e aos aspectos gráfico-editoriais', destacaremos alguns itens: que o desenho e tamanho da letra, bem como o espaço entre letras, palavras e linhas, atendam a critérios de legibilidade; o texto e as ilustrações estejam dispostos de forma organizada dentro de uma unidade visual.

Essas ilustrações devem ser adequadas à finalidade para as quais foram elaboradas e dependendo do objetivo, devem ser claras, de fácil compreensão, podendo, no entanto, também intrigar, problematizar e despertar a curiosidade. Também devem auxiliar na compreensão e enriquecimento da leitura do texto.

A parte pós textual deve conter referências bibliográficas, indicação de leituras complementares e glossário.

Tendo em vista todos esses aspectos elencados, a escolha do livro deve ser criteriosa, envolva um conjunto de professores e seja afinada com as características da escola, dos alunos e com o contexto educacional em que estão inseridos.

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, encontramos também, a construção do conhecimento científico.

Destacaremos que, das nove obras didáticas oferecidas para análise no catálogo de livros de 2007 na disciplina de Biologia, oito obras apresentam, de acordo com o PNLEM, a construção do conhecimento científico como um processo histórico, social e cultural, valorizando a História e Filosofia da Ciência.

Portanto, como vemos, a História e Filosofia da Ciência está sendo considerada e encontra-se nos documentos oficiais, fazendo parte da sua avaliação.

Entretanto, para se fazer uma boa escolha do livro didático, se faz necessário leitura e discussão das resenhas, pois, uma vez que os livros didáticos foram escolhidos, serão utilizados por três anos consecutivos e, é com ele que os professores irão contar no momento de definir os conteúdos a serem seguidos.

Sobre a importância da escolha argumenta Molina:

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 (MOLINA, 1988, p. 10).

Talvez pelo fato do livro didático ser tão conhecido, torna-se 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.

Por outro lado, segundo estudos bastante atuais em sua importância, a História da Ciência veiculada no ensino superior, fundamental e médio apresenta uma série de problemas.

A fala de Bastos (apud. NARDI et al, 1998, p. 43), com relação à história da ciência veiculada ilustra bem o que foi exposto acima:

Incorre em erros factuais: dá a entender que os conhecimentos científicos progrediram única e exclusivamente por meio de descobertas fabulosas realizadas por cientistas geniais; ignora as relações entre o processo de produção de conhecimento na Ciência e o contexto social, político, econômico e cultural; glorifica o presente e seus paradigmas, menosprezando a importância das correntes científicas divergentes das atuais, a riqueza dos debates ocorridos no passado, as discontinuidades entre passado e presente etc; estimula a idéia de que os conhecimentos científicos atuais são verdades imutáveis.

Então, tendo como base o que foi colocado, cabe ao professor fazer uma análise criteriosa no momento da escolha do livro didático, pois se trata de uma decisão muito importante no processo de ensino-aprendizagem, pois, além do professor atuar como mediador entre conhecimento e aluno, são eles que indicam e escolhem os livros que usam.

Sabendo que, ninguém melhor que o professor é responsável pela escolha do livro didático, o PNLEM toma o cuidado, enviando um questionário ao professor para qualificar ou eliminar as obras recomendadas.

Tal importância é recomendada por Freitag. De acordo com a autora, 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, é o que diz Freitag (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.

Bastos (apud. NARDI et al, 1998, p. 46) argumenta sobre um ponto que se encontra nos livros didáticos, sendo para o nosso estudo muito importante devendo por isto ser levado em consideração:

Os textos de História da Ciência disponíveis para consulta dificilmente se adaptam às necessidades específicas do Ensino de Ciências na escola fundamental e média, talvez porque não reúnam simultaneamente, de modo sintético e numa linguagem acessível, os diferentes aspectos que o professor pretende discutir em sala de aula.

Além da importância que o PNLEM direciona para a História e Filosofia da Ciência, os próprios PCNs enfatiza a sua importância, como percebe-se abaixo:

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).

Este aparente consenso e preocupação quanto à incorporação de componentes da História e Filosofia da Ciência nos currículos escolares e na formação de professores, vem encontrando eco nos livros didáticos de Biologia desde os anos oitenta:

Especialmente a partir dos anos 80, o Ensino das Ciências Naturais se aproxima das Ciências Humanas e Sociais, reforçando a percepção da Ciência como construção humana, e não como "verdade natural", e nova importância é atribuída a História e a Filosofia da Ciência no processo educacional (PCN, 1998, p. 21).

E prossegue:

A História da Ciência tem sido útil nessa proposta de ensino, pois o conhecimento das teorias do passado pode ajudar a compreender as concepções dos estudantes do presente, além de também constituir conteúdo relevante do aprendizado (PCN, 1998, p. 21).

Podemos observar que os PCNs admitem que elementos da História e Filosofia da Ciência podem facilitar a compreensão dos alunos com relação ao conhecimento científico inserido no contexto social e político.

Considerando que os livros didáticos trazem história e que são avaliados por pessoas do Estado e educadores, sendo que um dos critérios analisados é a existência ou não da História da Ciência, nota-se uma preocupação social com a inclusão da história. No entanto, apesar do reconhecimento da importância da História e Filosofia da Ciência, ainda falta uma análise criteriosa no que diz respeito ao tipo de história que se encontra nos livros didáticos.

Há uma preocupação em apresentar aspectos históricos na introdução de conceitos científicos. Entretanto, ainda falta uma análise crítica do tipo de história veiculada nesses livros e de como a concepção de História e Filosofia das Ciências deve ser trabalhada nos diferentes níveis de escolaridade. Assim, o que se deveria questionar é a concepção de história veiculada nesses materiais e não a sua ausência (CARNEIRO; GASTAL, 2005, p. 33).

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 e se elas estão sendo bem apresentadas.

Um grande historiador da Biologia, Ernst Mayr (1998, p. 16 - 22), apresenta alguns tipos de histórias que podem ser classificadas da seguinte maneira: história lexicográfica, cronológica, biográfica, cultural e sociológica e

história de problema. Apresentaremos a seguir, resumidamente, a diferenciação entre esses tipos de histórias.

A história lexicográfica⁴ 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 exigem reflexão.

Já a história cronológica⁵ apresenta a seqüência de tempo para toda espécie de historiografia favorecendo um critério indispensável de organização temporal. Porém, segundo Mayr (1998), 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 (1998) é denominada de história biográfica⁶, que tem por objetivo retratar os progressos da Ciência por meio das vidas dos principais cientistas, com isso apresenta problemas científicos como vinculados a apenas um cientista.

Temos, também, a história cultural e sociológica⁷. Neste tipo de abordagem histórica, os aspectos da Ciência estão 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 (1998), é muito genérica, 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.

⁴ A história lexicográfica é descrita por Carneiro e Gastal em seu artigo História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia (Ciência e Educação, v. 11, n.1, p. 33 – 39, 2005) como história de consensualidade.

⁵ Segundo o artigo História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia (Ciência e Educação, v. 11, n.1, p. 33-39, 2005) de Carneiro e Gastal, a história cronológica é denominada história de linearidade.

⁶ A história biográfica é descrita por Carneiro e Gastal em seu artigo História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia (Ciência e Educação, v. 11, n.1, p. 33-39, 2005) como história anedótica

⁷ Carneiro e Gastal, em seu artigo, História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia (Ciência e Educação, v. 11, n.1, p. 33 - 39, 2005), a história cultural e sociológica é denominada como história de ausência do contexto histórico mais amplo.

Nesse tipo de concepção, os problemas científicos são compreendidos por meio de estudos de sua história. 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, entre elas:

Quais foram os problemas científicos do seu tempo? Quais foram os instrumentos conceituais e técnicos de que dispunha na busca de uma solução? Quais foram os métodos que ele pôde utilizar? Que idéias predominantes na sua época orientaram a sua pesquisa e influenciaram as suas decisões? Questões dessa natureza prevalecem na aproximação da história de problemas (MAYR, 1998, p. 21).

Reveremos ainda, no desenvolvimento do nosso trabalho, que a história de problemas além de ser descrita por Ernst Mayr (1998), também é considerada por outro grande historiador da Biologia, Robert Olby (1974). Para estes historiadores, a maioria dos problemas científicos são melhores entendidos pelo estudo de sua história.

A história de problemas não é uma história tradicional da Ciência. Neste tipo de história indaga-se o 'por que'. "As tentativas de respostas para essas perguntas requerem a coleta e o exame atento de muitas evidências, e isso quase sempre conduz a novas aberturas [...]" (MAYR, 1988, p. 22).

Ao depararmos com as narrativas históricas encontradas nos livros didáticos, observamos que elas enfatizam parte da história, ou seja, são puramente descritivas, com ênfase nas questões 'o quê?', 'quando?' e 'onde?' ou então apresentam a seqüência de tempo, enfatizando datas e fatos numa seqüência linear, o que acaba ocultando o problema em questão. Devemos ressaltar que a produção científica não é linear porém, os livros didáticos preservam até hoje esse tipo de abordagem histórica.

No entanto, se poderia ter a impressão de que histórias como a de Olby (1974) e Mayr (1998) são superiores as que são narradas em livros didáticos.

Queremos sugerir que, ao invés de se falar em superioridade, falaremos em níveis diferenciados de descrições históricas, já que as narrativas

históricas encontradas nos livros didáticos não favorecem a compreensão do problema num contexto mais amplo.

Na concepção da história de problemas, os problemas científicos são melhores compreendidos. Tal abordagem, além de apresentar não apenas a história bem sucedida, também apresenta as tentativas fracassadas para a solução de problemas, quais foram os problemas científicos do seu tempo, os instrumentos conceituais e técnicos de que dispunham no momento e que idéias preponderavam na sua época, orientando a pesquisa.

Assim, se não afirmamos que as narrativas históricas tais como as apresentadas nos livros didáticos são inferiores às histórias dos historiadores, precisamos justificar nossa opção por narrativas do tipo de Olby (1974) e Mayr (1998). Por sua vez, isso nos coloca diante do nosso problema de pesquisa: como sustentá-las conceitualmente? Em que sentido se pode falar das histórias de Olby e Mayr como favorecendo narrativas que privilegiam o contexto científico?

Para desenvolver esse problema, buscaremos apoio na Filosofia da Ciência, em especial no enfoque dado à Filosofia da Ciência por Thomas Kuhn (2005).

Justificamos esta opção tendo em vista o fato de que este filósofo desenvolve uma perspectiva de análise que privilegia a investigação histórica dentro de contextos científicos amplos. Isto se torna claro quando Kuhn sugere que a compreensão de processos científicos que aparecem como isolados, mas que na verdade deveriam ser conduzidos de modo a levar-nos a considerar tais processos isolados como partes de estruturas mais amplas. E, para Kuhn (2005, p. 166), estes componentes são apreendidos pelos cientistas não 'item por item' mas em blocos.

Concluindo, percebemos que não é que os livros didáticos não contenham História da Ciência, mas que o modo como esta história é apresentada, nem sempre favorece o leitor em sua tentativa de compreensão do conhecimento científico.

Nesse sentido, um instrumento que parece ser de grande importância para essa análise é a História e Filosofia da Ciência, que nos permitirá analisar os livros didáticos para melhor compreendermos os processos que fundamentaram as descobertas e conduziram à utilização dos resultados, dando suporte a própria Ciência.

Em nosso trabalho investigaremos, a partir do episódio da transformação bacteriana, os tipos de histórias que aparecem nos manuais didáticos⁸ e nos clássicos de Olby (1974) e Mayr (1998). Acreditando que o problema se localiza dentro de um contexto científico mais amplo, analisaremos tais narrativas, a partir da história de problemas, a qual nos parece ser mais razoável.

Este estudo tem como objetivo analisar o tipo de História da Ciência apresentada nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e apresentar uma forma de contribuição da História e Filosofia da Ciência para a compreensão do conhecimento de Biologia no seu ensino.

Sendo assim, nosso trabalho será apresentado em quatro capítulos assim organizados: no primeiro capítulo apresentaremos um episódio da história da Biologia: o problema da transformação bacteriana, o qual será usado como parâmetro na análise dos livros didáticos que apresentam a História da Ciência. Para esta apresentação utilizaremos os clássicos de Olby (1974) e Mayr (1998) e outros autores quando se fizer necessário.

Com relação ao capítulo dois, apresentaremos as descrições e faremos uma análise do problema da transformação bacteriana que se encontram nos manuais didáticos de Biologia do Ensino Médio, as quais estão narradas a partir de nove livros didáticos e uma apostila: Amabis e Martho (1995); Mercadante, Brito, Almeida, Trebbi e Favaretto (1999); Morandini e Bellinello (1999); Amabis e Martho (2004); Silva Jr e

Sasson (2005); Favaretto e Mercadante (2005); Paulino (2005); Linhares e Gewandsznajder (2005); Lopes e Rosso (2005); Apostila do Colégio Nobel (sd) .

A escolha desses livros para análise se deu de acordo com o acesso e disponibilidade dos mesmos e em função da presença da história do episódio da transformação bacteriana⁹.

O leitor perceberá que há uma discrepância entre as narrativas do capítulo 1 e do capítulo 2. Como explicar esta discrepância? Para explicá-la introduziremos no capítulo 3 um instrumento filosófico de análise dos tipos de histórias que foram narradas nos capítulos anteriores. Este instrumento será

⁸ Analisaremos 6 livros do PNLEM/2007 , 3 livros de anos anteriores a esta data e 1 apostila.

⁹ Alguns livros citam aspectos relacionados ao episódio da transformação bacteriana, mas não descrevem a transformação.

buscado na Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn, particularmente em sua concepção de que a assimilação das entidades científicas não ocorrem de modo isolado, mas sim por meio de contextos científicos mais amplos que as próprias entidades. Deste modo, veremos que a distinção entre os tipos de história encontradas nos capítulos 1 e 2 não é uma distinção entre uma história boa (do capítulo 1) e histórias ruins (do capítulo 2), mas que as histórias do capítulo 2 não privilegiam a concepção integrada das entidades científicas.

Dando seqüência a nossa pesquisa, no capítulo 4 faremos a análise do episódio da transformação bacteriana narrada nos livros didáticos selecionados, abordando a hereditariedade a partir da História e Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn.

Para concluir, apresentaremos as considerações finais, a partir das análises realizadas nos nove livros didáticos de Biologia e uma apostila do Colégio Nobel, delineando um panorama de como a História da Ciência está sendo oferecida nesses manuais, apresentando-o de maneira responsável e crítica.

Como sugerimos no primeiro parágrafo desta introdução, a realidade da prática educativa do ensino de ciências revela alguns problemas. Portanto, parece que existe uma necessidade que vise melhorar a qualidade educacional.

O ensino ligado à reconstrução histórica pode propiciar ao educando uma visão mais ampla do estudo da Biologia, gerando condições para que ocorra a aprendizagem. No entanto, nem sempre os alunos têm embasamento anterior suficiente para a compreensão da sua utilização. E os próprios professores não conseguem enxergar na História da Ciência uma oportunidade enriquecedora para o processo ensino-aprendizado.

CAPÍTULO 1

Este trabalho possui natureza teórica e investigará as formas de narrativas históricas presentes nos livros didáticos do Ensino Médio.

Para procedermos a esta investigação precisaremos narrar um episódio da história que escolhemos como objeto de análise. Esta narrativa¹⁰, por sua vez, terá esclarecimentos de natureza filosófica. Assim, para tornar possível nossa análise, nos utilizaremos tanto da História da Ciência quanto da Filosofia da Ciência.

Portanto, estamos limitando nosso campo de pesquisa, pois será abordado apenas um dos problemas do ensino, o qual está restrito à questão da apresentação da História da Ciência, no ensino de Ciências, como uma estratégia de inserção de História da Ciência.

Para sermos mais claros, nosso problema parte do pressuposto de que a História da Ciência está sendo apresentada na maioria dos livros didáticos do ensino de Ciências que os professores e alunos utilizam no processo de ensino-aprendizagem. Investigaremos, então, como ela está sendo apresentada.

Por que estamos questionando a legitimidade dos livros didáticos na sua forma de narrativa histórica? Por que esta situação ocorre? Afinal de contas, como veremos a seguir, ao menos para o caso específico da transformação bacteriana, a história do episódio é realmente narrada. Ou seja, a história, ao menos para este caso, realmente existe.

Porém, antes de passarmos à apresentação, do modo como a história é descrita nos manuais didáticos, vejamos de forma resumida a história 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). Pneumococos¹¹ capsulados são

¹⁰ Segundo o Dicionário Brasileiro Globo (1993) a palavra narrativa significa exposição de fatos, narração, conto e história.

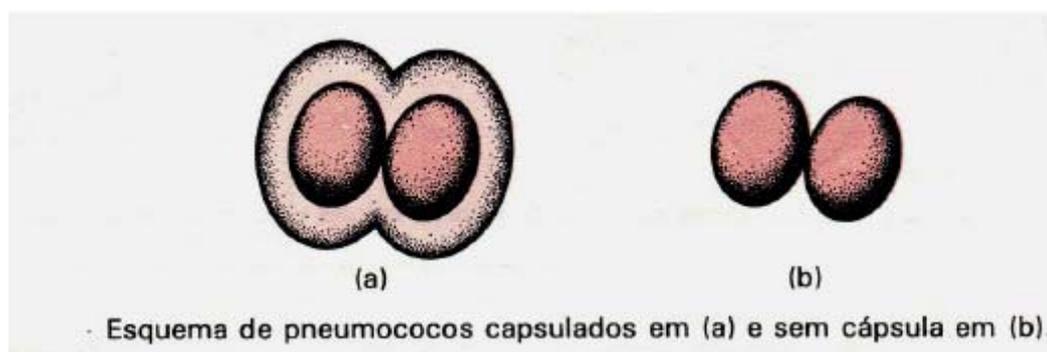
¹¹ De acordo com o Dicionário etimológico e circunstanciado de Biologia (1993, p. 373) pneumococo é uma bactéria arredondada que ataca principalmente o parênquima pulmonar, causando a pneumonia. Modernamente é considerado um estreptococo.

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.

Figura 1 – Esquema de pneumococos



Fonte: (MARTHO G. R.; AMABIS, 1985, p. 7)

Neste primeiro capítulo, descreveremos alguns acontecimentos importantes do episódio da História da Ciência referente à transformação bacteriana que permite que esse evento seja melhor contextualizado. 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.

No meu trabalho o problema geral da transformação está ligado à questão da identificação do agente químico e biológico da transformação.

Consideraremos agora alguns pontos relevantes destacados por historiadores da Biologia com relação ao episódio da transformação bacteriana.

Porém, havia um problema que antecede à questão da transformação bacteriana, o da existência ou não das bactérias e depois saber se elas se modificam.

Robert Olby relata que na década de 1870 havia grande ceticismo relacionado ao assunto da espécie bactéria. "O botânico Carl Nageli e Ferdinand Cohn negaram a existência delas, mas Robert Koch afirmou que elas existem" (OLBY, 1974, p. 169).

A princípio, entre os cientistas, não se trabalhava com a possibilidade de que as bactérias pudessem sofrer mutação, ou seja, era doutrina a não mutação entre as bactérias. Porém, existia a necessidade de explicações quanto à sua agressividade na capacidade de causar a pneumonia. Suspeitava-se que um tipo de bactéria poderia se transformar em outra e, na tentativa de explicar essa transformação passou a cogitar a possibilidade de estarem lidando com um tipo de mutação.

Portanto, relacionado com o tipo da bactéria estava a capacidade de causar ou não a pneumonia. 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 que dessa forma as mesmas pudessem se amoldar às transformações do ambiente¹². Sendo assim, existia o problema da questão da variabilidade das bactérias o qual se esperava uma elucidação.

Entre 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 R¹³ transformavam-se em S¹⁴.

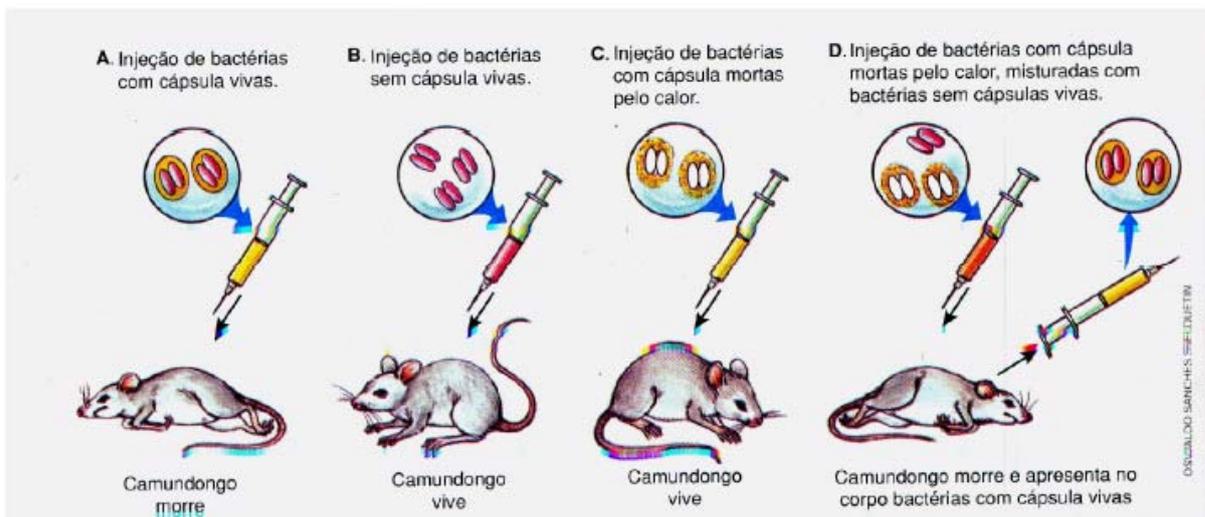
Em 1928 Griffith elabora uma teoria de que essa transformação é acompanhada pela mutação entre as espécies: "a concepção de uma 'cultura pura' de uma bactéria como um número de indivíduos absolutamente idênticos não é mais sustentável" (OLBY, 1974, p. 173).

¹² 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.

¹³ Forma R também chamada de rough; pneumococo de aspecto rugoso, sem cápsula e não patogênica.

¹⁴ Forma S também chamada de smooth; pneumococo de aspecto liso, com cápsula e patogênica.

Figura 2 – Experimento de Griffith simplificado



Fonte: (AMABIS, J. M.; MARTHO G. R, 2004, p.136)

Quando 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. Embora tenha chegado a uma conclusão errada, como veremos a seguir, Griffith tentou explicar o fato.

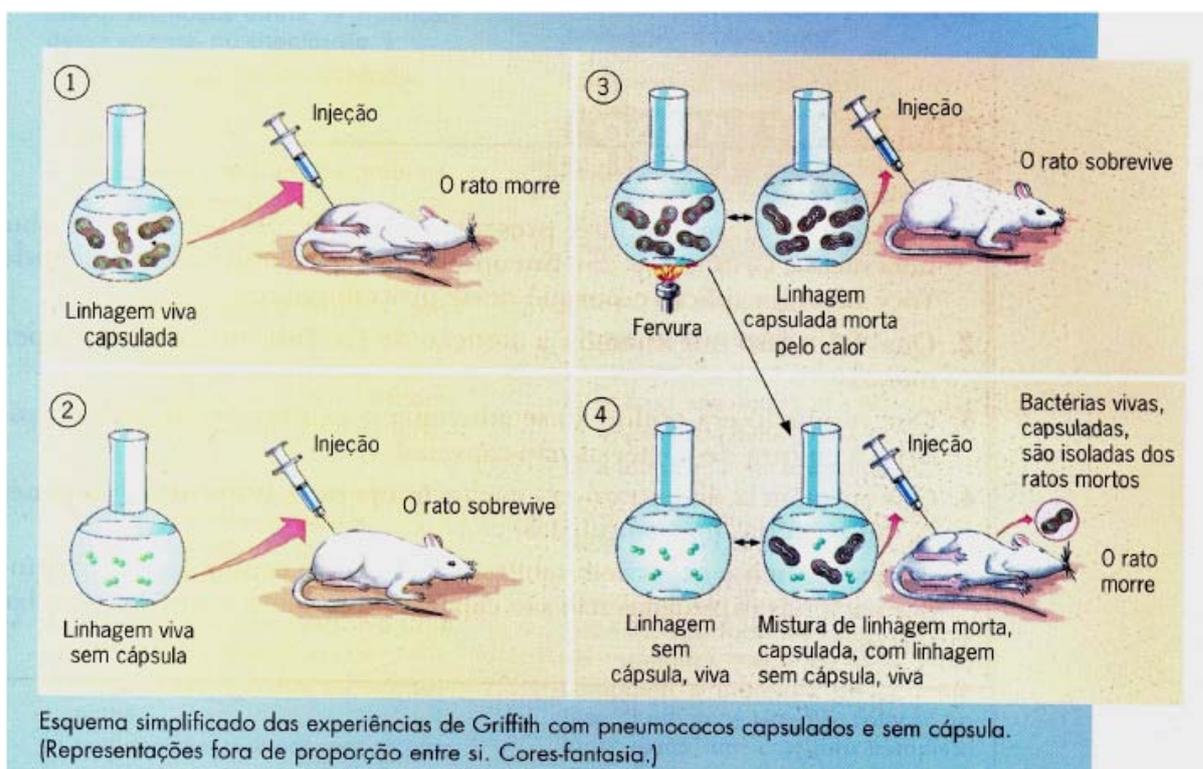
Ele sugeriu que as bactérias não patogênicas vivas ingeriam uma substância proveniente da bactéria infecciosa morta, que chamou de 'pabulum'¹⁵, mas não percebeu que as gerações posteriores das bactérias originalmente não-infecciosas continuavam a ser infecciosas depois que suas ancestrais tinham sido misturadas com as bactérias infecciosas, de modo que sua teoria não podia estar correta. Ou ainda, Griffith que não investigou se a agressividade bacteriana ou, a capacidade de causar a doença, se perpetuava ou não nas gerações seguintes, mas sim, atribuiu este fenômeno a uma substância nutritiva (WHITE, 2003, p. 337, BRODY; BRODY, 2000, p. 351, OLBY, 1974, p. 175).

No experimento com camundongos, utilizavam-se bactérias patogênicas e outra não-patogênica. Quando injetadas as células vivas da forma R de pneumococos não capsulados em camundongo, junto com as células de

¹⁵ Pabulum é a designação de uma substância que pode ser usado como alimento, .ou que alimenta o intelecto. www.thefreedictionary.com acesso em 09 jun 2008.

pneumococos capsulados da forma S mortas por aquecimento, os camundongos sucumbiram à infecção e morreram.

Figura 3 – Experimento de Griffith



Fonte: (JÚNIOR, C. DA S; SASSON, S, 2005, p. 83)

Esse fenômeno da morte dos camundongos também não poderia ter sido simplesmente uma questão relacionada à capa de polissacarídeo¹⁶ 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).

¹⁶ Os polissacarídeos são carboidratos que, por hidrólise originam uma grande quantidade de monossacarídeos. São classificados em dois grupos: de reserva energética e estrutural (DICIONÁRIO ETIMOLÓGICO E CIRCUNSTANCIADO DE BIOLOGIA 1993, p. 378).

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 colaboradores¹⁷ analisaram o experimento sobre a transformação das bactérias e afirmaram que os pneumococos eram imutáveis.

Identificamos esta colocação quando Avery¹⁸ estabeleceu firmemente que a transformação dos tipos de pneumococos era invariável (OLBY, 1974, p. 174).

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.

Quando uma descoberta é feita é de se esperar que a comunidade de cientistas diretamente envolvidos rejeite suas afirmações e organizem uma ação de retaguarda contra ela, ao ponto que a evidência se torne inadequada e não se possa sustentar uma interpretação harmônica com o pensamento corrente.

Após o resultado da descoberta de Griffith, Neufeld¹⁹ e seu assistente Levinthal foram tão rápidos ao repetir o seu trabalho que a confirmação de seus resultados apareceu em 1928 no mesmo ano, do próprio relato de Griffith.

Com a confirmação dos resultados de Griffith efetivados por Neufeld e Levinthal, Avery agora não tinha alternativa senão encarar essa descoberta.

É interessante mencionar aqui a importância de considerarmos como a comunidade científica trabalha. Uma experiência científica não vale por si só, mas somente quando interligada a uma rede complexa em que intervêm fatores culturais, sociais, psicológicos e políticos. Os cientistas trabalham com o que está

¹⁷ Em nosso trabalho quando ocorrer à citação de Avery subentende-se Avery e seus colaboradores.

¹⁸ Quando em 1928 Griffith relatou a transformação dos tipos de pneumococos como variável, Avery juntamente com Heidelberger tinham estabelecido seguramente que os pneumococos eram imutáveis. (OLBY, 1974, p. 174).

¹⁹ Ambos trabalhavam no Instituto Robert Koch em Berlim. Eles repetiram o experimento de Griffith em 1928, mesmo ano em que Griffith descobriu as formas R e S de pneumococos e anunciou sua descoberta (OLBY, 1974, p. 178).

disponível no momento de suas pesquisas e o desenvolvimento de seus campos de conhecimento, considerando o contexto social e político do período.

Após a confirmação do experimento de Griffith por Neufeld e Levintal, Avery aceita o fato da descoberta da transformação bacteriana. Contudo, isso não implica dizer que ele tenha aceito a explicação para a transformação de bactérias R em S.

Percebendo a importância do resultado do experimento de Griffith, embora Avery ainda fosse cético com relação à teoria de que a transformação seria acompanhada pela mutação entre as espécies e mais, a explicação sobre um 'pabulum' que as bactérias ingeriam que não comprometia Griffith, Avery tinha todas as razões para não aceitar a explicação de Griffith uma vez que ele era "comprometido a 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).

Por mais que pudesse considerar o resultado do experimento de Griffith, sua colocação a respeito de um 'pabulum' e suas idéias lamarckistas²⁰ não convenciam Avery.

A explicação de Griffith a respeito da transformação bacteriana em que uma mutação era em resposta às condições do ambiente ou ainda, que a bactéria ingeria uma substância que ele denominou como 'pabulum' não satisfazia Avery.

Avery poderia até aceitar o fato da transformação bacteriana, onde bactérias R não capsuladas transformavam-se em bactérias S com cápsulas ao seu redor e, por conseguinte, com a capacidade de desenvolverem a pneumonia. Porém, ele aferia que uma substância química, até então não revelada, era o agente da transformação bacteriana que remetia a informação do surgimento da cápsula nas bactérias e, por conseguinte, causava a pneumonia nos camundongos.

²⁰ De acordo com Meyer e El-Hani (2005, p. 22), na teoria de Lamarck o ambiente forçaria os seres vivos a modificar seus hábitos, ou seja, o ambiente atuaria como um fator indutor de modificações nos seres vivos, devido às necessidades de sobrevivência, e essa mudança de hábitos resultariam em uma alteração dos padrões de uso e desuso dos órgãos, de modo que estruturas orgânicas poderiam ser desenvolvidas ou atrofiadas. Ele sugeriu que essas alterações eram transmitidas aos seus descendentes.

Em busca da explicação sobre os constituintes da transformação, ou seja, qual seria a substância com capacidade da 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)²¹ 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 absoluto²² resfriado, um xarope grosso precipitado se formava. "Mas não era implícito na experiência, na época de Alloway, que uma grossa e fibrosa substância precipitada de álcool significasse DNA: alguns mucos, polímeros lineares [...]" (OLBY, 1974, p. 182).

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.

Três anos depois que Alloway descreveu essa substância fibrosa precipitada por álcool, Avery expôs que "o agente transformador dificilmente seria carboidrato, não combinava muito bem com proteína, e melancolicamente sugeriu que poderia ser um ácido nucléico" (OLBY, 1974, p. 182).

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.

²¹ 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).

²² Oliva e Serrano (1999, p. 9) explica 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.

A contribuição dos estudos enzimáticos²³ 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 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 com grande determinação no Instituto Rockefeller em Nova York, dedicou-se com apego ao problema da transformação bacteriana por aproximadamente 15 anos (WHITE, 2003, p. 337, BRODY; BRODY, 2000, p. 351, FERREIRA, 2003, p. 40).

Tentou então, a técnica da fracionamento para aumentar a pureza da sua substância. Então, álcool foi 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, era 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.

²³ Enzimas segundo o Dicionário etimológico e circunstanciado de Biologia (1993, p. 135) é a designação geral das proteínas que atuam como catalisadores de reações químicas. Promovem reações importantes intra ou extracelulares.

Segundo Duclós (2004) em seu artigo Identificação do material hereditário em bactérias, podemos compreender como Oswald Avery procedeu nos seus experimentos a respeito do princípio transformante. Eles isolaram a partir de 75 litros de *Streptococcus*, um extrato com altíssimo poder transformante. Em seguida, trataram esse extrato com diferentes substâncias: amilase, enzima que degrada polissacarídeos; protease, enzima que degrada proteínas; RNase, enzima que degrada

RNA e DNase, enzima que degrada DNA. Mas, o único tratamento que fez o extrato perder completamente o seu poder transformante foi o tratamento com DNase.

Vejamos agora, mais detalhadamente esta síntese que apresentamos neste último parágrafo segundo Cefeteq (2007, p. 1 - 2).

Avery e seus colaboradores usaram detergente²⁴ para lisar (romper) as bactérias S mortas por aquecimento. Então os restos celulares foram descartados e o lisado (solução contendo diversas moléculas do citoplasma da célula) foi utilizado, misturando nos tubos de ensaio, o lisado²⁵ de bactérias S mortas por aquecimento com bactérias R vivas.

O teste nos tubos de ensaio mostrou que alguma substância do lisado tinha o poder de transformar as bactérias R em bactérias S. Foram então testados cada um dos grupos de componentes do lisado para saber o que estava ativo na transformação.

Primeiramente, Avery juntou com as bactérias S mortas o lisado e a enzima que destruiu a cápsula de açúcar (polissacarídeo). Sem a cápsula de açúcar, a habilidade de transformação das bactérias S foi testada novamente. E mesmo sem a cápsula de açúcar, a linhagem S ainda podia transformar a linhagem R em S. Isso provou que o princípio transformante não era a cápsula de polissacarídeo. Depois, incubou-se a linhagem S sem cápsula com enzimas que digerem proteínas. Então,

²⁴ O detergente afeta as membranas porque elas são constituídas por lipídios. Com a ruptura das membranas o conteúdo celular, incluindo as proteínas e o DNA, soltam-se e dispersam-se na solução Oliva e Serrano (1999, p. 12-13).

A célula da maioria das bactérias apresentam um envoltório externo rígido, a parede celular. Para rompê-la utiliza-se a maceração física. Segundo o Dicionário etimológico e circunstanciado de Biologia (1993, p. 266), maceração é uma técnica usada em laboratório para triturar materiais, geralmente utilizando-se o almofariz e o soquete ou pilão, a fim de se chegar a um homogeneizado, que é submetido à centrifugação e exame químico, físico ou microscópico.

²⁵ De acordo com o Dicionário etimológico e circunstanciado de Biologia (1993, p. 261) o termo lisado significa material formado pela lise ou dissolução de germes ou de células de determinado tecido.

agora sem proteínas, a capacidade de transformação foi testada e o resultado continuou indicando que o poder transformante não havia sido perdido.

Avaliando que o princípio transformador não era a capa de açúcar nem as proteínas, suspeitou que o princípio transformador fosse um dos ácidos nucléicos. O passo seguinte foi à precipitação dos ácidos nucléicos, o RNA e o DNA, 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 de Avery (MAYR, 1988, p. 912, DUCLÓS, 2004, p. 3 e OLBY, 1974, p. 191).

Segundo Mayr, isso foi demonstrado por uma série de testes extremamente sensíveis.

[...] a solução de DNA não revelava qualquer reação em nenhum dos testes próprios para as proteínas. [...] quando o material era tratado com uma enzima altamente específica, a desoxirribonuclease (DNase), produzia-se uma desativação completa e irreversível da substância transformadora [...] (MAYR, 1988, p. 912).

Por mais que os defensores da idéia de que as proteínas, e não o DNA, eram as responsáveis pela transformação bacteriana e que 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, o DNA se tornou o novo candidato a portador da informação genética para as bactérias.

A história sobre a transformação bacteriana apresentada até aqui, nos permite fazer algumas considerações relevantes para entendermos por que Griffith fracassou em sua tentativa de explicar a transformação e Avery foi bem sucedido.

O problema da transformação bacteriana não era apenas de natureza empírica, era também um problema que estava envolvido em discussões teóricas mais abrangentes do que o próprio problema empírico da transformação bacteriana. Para isso vamos analisar alguns aspectos que vão além do experimental; a mutação, já apresentada, o agente da hereditariedade, o desenvolvimento da teoria dos polímeros²⁶ e a questão da orientação lamarckista que Griffith trabalhava.

Avery sugeriu que o agente da transformação poderia ser um ácido nucléico, pois, segundo a descrição dos autores (WHITE, 2003, p. 337, BRODY; BRODY, 2000, p. 351, OLBY, 1974, p. 174 e MAYR, 1988, p. 912) no início do século XX, acreditavam-se que os mecanismos pelos quais as características poderiam ser transmitidas de geração a geração seriam as proteínas e não um ácido como o DNA.

Acreditava-se então, que as proteínas eram as moléculas que armazenavam todas as informações genéticas nos cromossomos. Isto era devido ao fato de que os bioquímicos da época tinham a opinião de que as proteínas eram moléculas maiores e mais complexas que o DNA.

Até então, a idéia de que os genes pudessem ser isolados era praticamente impossível, porque os microscópios não tinham poder de resolução para vê-los (WHITE, 2003, p. 336). Era também necessário novos métodos para a análise dessas moléculas e isso só foi possível entre 1930 e 1940. Esses novos métodos consistiam em ultra centrifugação, filtração, absorção de luz, entre outros (MAYR, 1988, p. 911).

Mas à medida que a tecnologia foi se aperfeiçoando e com o suporte do desenvolvimento de outras áreas de pesquisas, os cientistas puderam explorar e compreender com mais precisão os componentes celulares.

Sabia-se que na constituição dos cromossomos entravam as proteínas e os ácidos nucléicos. Portanto, o problema não lhes parecia levantar muitas dúvidas: "só às proteínas poderia atribuir-se ao papel genético: dos ácidos nucléicos, compostos repetitivos e de estrutura simples, não poderia esperar-se mais do que uma função de suporte" (VELOSO, sd, p. 5).

²⁶ A teoria dos polímeros pertence a um ramo de estudo da química. De acordo com o Dicionário etimológico circunstanciado de Biologia (1993, p. 376) a polimeria é a combinação de numerosas moléculas de um mesmo composto, que procede como monômero, para a formação de uma molécula muito maior, considerada polímero. Ex a proteína é um polímero de aminoácidos.

Existia entre os cientistas uma espécie de favoritismo em relação às proteínas como sendo portadoras das funções genéticas, então, acreditavam que elas seriam as mensageiras das informações responsáveis pela transformação das bactérias R em S.

Em 1944 Avery publicou os resultados de suas pesquisas - que não obteve na época, grande impacto entre os geneticistas - o qual mostrou claramente que era o DNA, e não a proteína ou o RNA, que permitia o transporte das informações hereditárias (BRODY; BRODY, 2000, p. 351- 352, MAYR, 1988, p. 912).

Contudo o que mais contribuiu para a falta de aceitação desse resultado entre os geneticistas, foi a certeza generalizada de que só as proteínas poderiam veicular a transmissão de caracteres hereditários.

O assunto foi discutido amplamente em seminários somente em 1946. Mesmo assim, nem todos os cientistas envolvidos se convenceram que o DNA era o material hereditário. Tal afirmação é comprovada por Muller²⁷ que se expressava com bastante ceticismo e ainda em 1955, Goldschmidt²⁸ permanecia reticente.

A resistência não se limitava aos geneticistas mais velhos. Bioquímico como Mirsky²⁹, era mais cético ainda, pois a questão por ele levantada estava relacionada com a pureza do agente transformador: era o DNA puro ou se tratava de uma mistura, mesmo que pequena, de proteínas (MAYR, 1988, p. 913). Por volta de 1952, conseguiu-se obter extratos que continham 0,02 de proteínas, o que limitava a possibilidade das proteínas serem as responsáveis pela transformação das bactérias (DUCLÓS, 2004, p. 3).

Aqueles como Mirsky, que preferiam recusar e que não se apoiavam nas conclusões de Avery, tinham boas razões. Estas razões vinham de que, por um lado estava o conhecimento da especificidade da proteína e sua base química, mas

²⁷ Muller era um geneticista que se recusava a aceitar que o DNA descoberto por Avery era o fator transformante das bactérias. Ele tinha a opinião de que o que ocorria era um tipo de crossing over entre os cromossomos do tipo indutor de características (OLBY, 1974, p. 190).

²⁸ Goldschmidt era um geneticista antigo e hesitante em acreditar que o DNA e não as proteínas fosse o agente transformador. Ele escreveu: .não se pode afirmar como um dogma, ou como fato comprovado, que o DNA seja o material genético. (MAYR, 1988, p. 913)

²⁹ Mirsky era um bioquímico que analisava a química do núcleo. Segundo Olby (1974, p. 190) os bioquímicos estavam mostrando quão intrincado era a constituição química dos cromossomos. Avery e seus colaboradores estavam indicando que uma substância simples poderia sozinha transferir especificidade biológica de uma célula a outra. .Se eles tivessem identificado essa substância como uma proteína, não teria sido tão ruim. (OLBY, 1974, p. 191)

por outro lado, estava a suposta falta de qualquer base química para a especificidade dos ácidos nucléicos.

Percebem-se nessa época, diferenças de opiniões a respeito desse assunto. Alguns entendiam que o DNA era capaz de transformar as características hereditárias, então ele mesmo era o próprio material hereditário. Outros acreditavam que mesmo após a purificação, poderiam restar quantidades mínimas de proteínas, já que estas eram moléculas maiores, formadas por vinte aminoácidos diferentes sendo os componentes estruturais de natureza orgânica mais abundante das células, inclusive nos núcleos celulares. Muito provavelmente elas seriam as responsáveis pela transformação.

Em contrapartida, o DNA era uma substância que não possuía ainda uma função definida e que parecia, a princípio, ser uma molécula invariável, formada sempre pelas quatro bases nitrogenadas: adenina, citosina, guanina e timina.

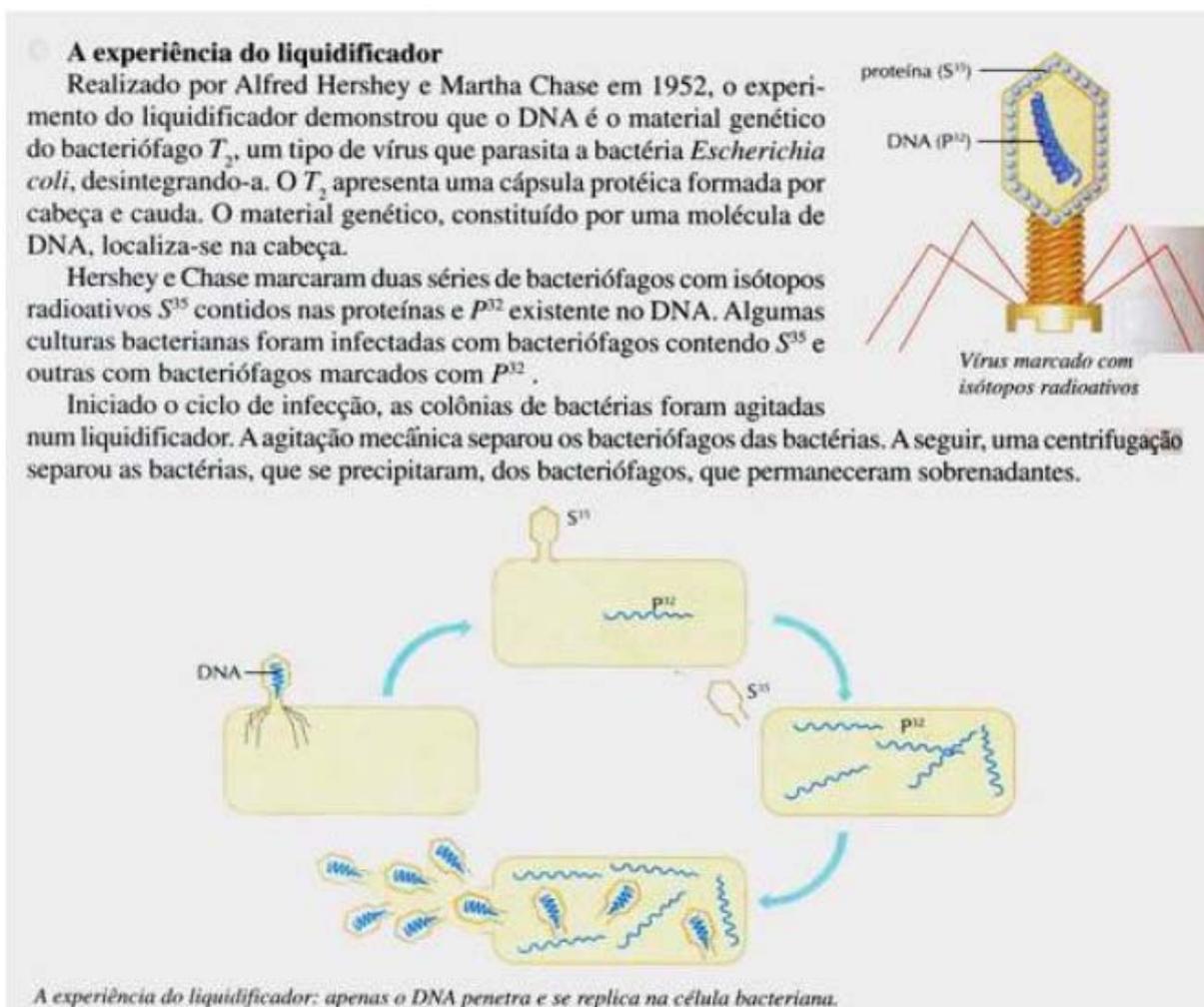
Após a publicação dos resultados de Avery, outro acontecimento na área da genética viria a contribuir para reforçar as suas conclusões. Em 1952, uma sucessão de experimentos dos biólogos americanos Alfred D. Hershey e Martha Chase sobre o DNA de bacteriófagos³⁰ indicaram que a infecção de bactérias por bacteriófagos teria que envolver a injeção do material genético do mesmo na bactéria.

Em seus experimentos, Hershey e Chase marcaram o DNA de bacteriófagos com fósforo radioativo e suas proteínas com enxofre radioativo e depois, rastrearam nas bactérias infectadas as substâncias marcadas. Todos os resultados demonstraram que o DNA marcado com o fósforo radioativo se apresentava dentro das bactérias, onde se replicava e dava origem a novos bacteriófagos. Por sua vez, as proteínas marcadas com o enxofre radioativo permaneciam fora das bactérias. Ficava assim demonstrado que o DNA era o material genético e que as proteínas desempenhavam papel estrutural³¹ (BRODY; BRODY, 1999, p. 352 e MAYR, 1988, p. 913).

³⁰ Estas proteínas têm função estrutural na organização arquitetônica das células e dos tecidos (DICIONÁRIO ETIMOLÓGICO E CIRCUNSTANCIADO DE BIOLOGIA, 1993, p. 387).

³¹ Estas proteínas têm função estrutural na organização arquitetônica das células e dos tecidos (DICIONÁRIO ETIMOLÓGICO E CIRCUNSTANCIADO DE BIOLOGIA, 1993, p. 387).

Figura 4 – Experimento de Alfred D. Hershey e Martha Chase com bacteriófagos



Fonte: (MORANDINI. C.; BELLINELLO. L.C, 1999, p.386)

Estes foram os primeiros resultados apresentados como prova do papel genético desempenhado pelo DNA. Mas, a verdade é que oito anos antes, Avery, utilizando métodos diferentes, tinha chegado à mesma conclusão. O problema é que durante esses oito anos, outros dados acumularam e, pouco a pouco, os resultados apresentados por Avery começaram a sobrecarregar no íntimo dos investigadores. Essa experiência corroborou com a conclusão do grupo de Avery de que o DNA, e não mais a proteína era responsável pelo material genético.

Portanto o experimento de Avery não foi recebido sem reservas pela comunidade científica, embora tenha sido aceito apenas em 1952. A comunidade científica realmente acolheu os resultados do experimento de Avery, depois da divulgação feita por Martha Chase e Alfred Hershey. Esse experimento reside na

importância histórica, não só para a microbiologia, pois apontou um caminho importante para a pesquisa não apenas acerca do DNA, mas sobre a hereditariedade em geral, sendo considerado inclusive o passo mais importante para a dupla-hélice do DNA.

Contudo, como 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 genéticas³².

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.

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 manifestar numa enorme variedade de caracteres hereditários.

Entre estes pesquisadores não podemos deixar de mencionar Erwin Chargaff 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 (BRODY; BRODY, 1999, p. 351 - 352, WHITE, 2003, p. 339).

Em 1953, o papel principal a respeito do material genético iria pertencer a dois cientistas, James Watson e Francis Crick, que estruturaram o

³² Artigo publicado na revista *Maquinações* vol. 1, n. 1 da Universidade Estadual de Londrina.

modelo conceitual conhecido como a dupla hélice³³. 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 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 nucleicos.

O resultado dessas pesquisas foram cruciais 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).

O experimento de Avery, bem como as relações de Chargaff foram decisivos para a construção do modelo do DNA. O experimento de Avery em 1944 sugeriu um caminho para a mais relevante de todas as questões acerca da hereditariedade.

Outro aspecto a ser considerado está relacionado com a polimeria, ou seja, ramo da química que estuda o tamanho e o peso das macromoléculas. O conceito de macromoléculas polimerizadas (1928 - 1939) 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).

Apresentaremos a seguir uma hipótese que, de acordo com Mayr, ajudaria a explicar por que Griffith não conseguiu descobrir qual era o agente de transformação. Para Mayr (1998, p. 911), Griffith não dispunha de uma teoria da química, desenvolvida apenas na década de 30, por Kol'tsov. A 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 do que o DNA.

³³ 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.

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 seja o argumento definitivo a favor do DNA como agente da transformação, de acordo com Mayr (1998), ele inegavelmente abriu caminho para que investigações como as de Avery, a qual não havia sido fornecida a Griffith em 1928, chegasse a determinar o fator da transformação.

Conclui-se então que, para Mayr (1998), 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, ou seja, mesmo que Griffith tivesse publicado seu artigo sobre a transformação bacteriana em 1928, onde o DNA fosse o suposto agente da transformação bacteriana, isso no mínimo não passaria de uma suposição para a comunidade científica. Sua recepção não seria tão acolhedora uma vez que ele não tinha à sua disposição a teoria dos polímeros e mais, contra ele havia ainda, a certeza generalizada entre os geneticistas de que só as proteínas poderiam veicular a transmissão de caracteres hereditários.

A hipótese de Mayr (1998) é extremamente esclarecedora a respeito do comportamento da comunidade científica, que, mesmo sem evidências experimentais, a preferência a respeito das proteínas implicava em 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.

Concluimos este terceiro aspecto lembrando que por meio da teoria dos polímeros verificou-se que, ao contrário do que estimavam, as moléculas de DNA eram maiores do que as moléculas de proteínas. Sendo assim, o principal obstáculo contra a idéia de que o material hereditário fosse o DNA estava descartado.

Quanto ao quarto e último aspecto a ser analisado, a orientação metodológica que Griffith trabalhava, de acordo com Olby (1974), Griffith tinha uma visão lamarckista no qual acreditava que o ambiente operava como um fator indutor de modificações nas bactérias. Os fatores ambientais de fato provocam mudanças

de fenótipo³⁴ 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.

A combinação desses três últimos aspectos, a lembrar, o agente da hereditariedade, o desenvolvimento da teoria dos polímeros e a orientação lamarckista que Griffith trabalhava, favoreceu Avery na construção para a resolução do problema da transformação bacteriana. A utilização desses aspectos conduziu Avery para a solução do enigma da transformação bacteriana, e ainda, esclareceu o equívoco no qual os pesquisadores se apoiavam, considerando as proteínas como portadores da informação genética, atributo esse que deveria ser outorgado ao DNA.

Findamos este capítulo, apresentando a história da transformação bacteriana segundo alguns historiadores. Não é que a história contada aqui seja uma boa história, mas, ela parece ser um bom roteiro, pois o assunto é mais inteligível apontando os problemas reais da pesquisa.

³⁴ Fenótipo é a aparência geral do indivíduo em face da sua constituição genética (genótipo) e das influências do meio. Enquanto o genótipo representa a composição dos genes que o indivíduo possui e transmite aos descendentes, o fenótipo se constitui no resultado aparente, visível e sujeito as influências ambientais (DICIONÁRIO ETIMOLÓGICO E CIRCUNSTANCIADO DE BIOLOGIA, 1993, p. 167).

CAPÍTULO 2

Neste capítulo, apresentaremos algumas descrições das narrativas a respeito da transformação bacteriana descritas em alguns manuais de Biologia do Ensino Médio, os quais nos ajudarão a perceber como a história da ciência se apresenta nesses manuais didáticos destinados aos alunos e aos professores.

Os livros analisados foram: Favaretto e Mercadante (2005); Amabis e Martho (2004); Amabis e Martho (1995); Silva Jr e Sasson (2005); Paulino (2005); Mercadante, Brito, Almeida, Trebbi e Favaretto (1999); Morandini e Bellinello (1999); Linhares e Gewandsznajder (2005); Lopes e Rosso (2005); e Apostila do Colégio Nobel (sd).

Estes nove livros e uma apostila serão descritos e em seguida analisados segundo a história narrada no capítulo 1, considerando os quatro aspectos desenvolvidos: a mutação, o desenvolvimento da teoria dos polímeros, a orientação lamarckista que Griffith trabalhava e a hereditariedade.

Embora as histórias do episódio da transformação bacteriana dos manuais didáticos sejam descritas por completo, o aspecto hereditariedade será desenvolvido no capítulo 4.

Verificaremos também como o autor explica o 'fracasso' de Griffith e o 'sucesso' de Avery para a elucidação do princípio transformante das bactérias.

Avaliaremos ainda os tipos de história de Ernst Mayr (1998, p. 16 - 22), que são classificadas da seguinte maneira: história lexicográfica, cronológica, biográfica, cultural e sociológica e história de problema, como já foram anunciadas na introdução deste trabalho.

2.1 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO - 1995

Até os anos 40, os ácidos nucléicos não despertaram maiores interesses dos cientistas; apenas uns poucos pesquisadores continuaram se preocupando em desvendar sua estrutura molecular. Este quadro, no entanto, mudou drasticamente na segunda metade daquela década, quando surgiram as primeiras evidências de que o DNA era o material hereditário dos seres vivos; um grande número de cientistas passa, então, a estudar essa substância com o objetivo de desvendar sua estrutura molecular e entender, assim, como são determinadas as características dos seres vivos.

Em 1944, as experiências de Avery, MacLeod e McCarty revelaram, finalmente, que o DNA era nada menos que a substância responsável pela hereditariedade. É claro que esta conclusão tornou-se ampla apenas mais tarde; os trabalhos desses cientistas, no entanto, demonstraram que, ao menos para as bactérias usadas nos experimentos, era o DNA o responsável pelo fenômeno da transformação bacteriana.

O fenômeno, da transformação bacteriana foi descoberto por Fred Griffith em 1928. Este pesquisador, ao estudar as bactérias que causam a pneumonia em ratos (pneumococos ou *Diplococcus pneumoniae*), descobriu que elas podem apresentar-se sob duas formas: algumas têm uma cápsula gelatinosa envolvente, enquanto outras não a possuem. Esta característica dos pneumococos é hereditária, isto é, uma bactéria com cápsula, ao se reproduzir, origina bactérias-filhas capsuladas, enquanto uma bactéria sem cápsula só produz bactérias sem cápsula. Pode-se deduzir que nos pneumococos existe um gene que determina a produção da cápsula e que, nas bactérias sem cápsula, este gene está ausente ou em uma forma inativa; daí elas não terem a capacidade de produzir a cápsula. Griffith verificou que as bactérias com cápsula, quando injetadas em rato, causavam pneumonia e que as bactérias sem cápsula não causavam a moléstia. Entretanto, se as bactérias capsuladas fossem, antes de serem injetadas, mortas pela ação do calor, elas não causavam pneumonia.

Da experiência pode-se fazer um resumo com os seguintes fatos:

- bactérias com cápsula vivas causavam pneumonia em ratos;
- bactérias sem cápsula vivas não causam pneumonia em ratos;
- bactérias com cápsula mortas não causavam pneumonia em ratos.

Griffith injetou em ratos uma mistura de bactérias com cápsula, mortas pela ação do calor, e bactérias vivas sem cápsula. Os ratos morreram e em seu interior foram encontradas bactérias vivas com cápsula. A experiência foi repetida varias vezes, e o resultado obtido foi sempre o mesmo. Concluiu-se que as bactérias mortas capsuladas liberavam alguma substância, que era captada pelas bactérias sem cápsula e determinavam, nestas últimas, o aparecimento da cápsula e a capacidade de causar pneumonia. As bactérias que surgem da reprodução de uma bactéria transformada são também capsuladas e causam igualmente a pneumonia em ratos. A característica adquirida com a transformação é, portanto, hereditária.

Alguns anos mais tarde conseguiram-se cultivar pneumococos in vitro, pela preparação de meios de cultura (soluções de nutrientes) nos quais as bactérias podem viver e se reproduzir. Em seguida, foi conseguida a transformação bacteriana in vitro. Prepararam-se duas culturas de bactérias: uma, de bactérias capsuladas e outra, de bactérias sem cápsula. As bactérias capsuladas são mortas pela ação do calor, em seguida maceradas, e o extrato obtido (isento de células bacterianas) é colocado na cultura de bactérias sem cápsula. Após algum tempo aparecem, nessas culturas, bactérias capsuladas; ocorreu, portanto, transformação bacteriana. A transformação in vitro foi obtida no laboratório do pesquisador Avery onde ele e seus colaboradores procuravam entender o mecanismo pelo qual este fenômeno ocorria. Diversos resultados levaram à conclusão de que alguma substância presente no extrato de bactérias era captada pelas bactérias sem cápsula, que, então, adquiriam a capacidade de

produzir cápsula. Esta substância, que passa do extrato para as bactérias sem cápsula, deve ter a informação de como produzir a cápsula, ou seja, deve ser o gene para cápsula. Esta hipótese é corroborada pelo fato da bactéria transformada transmitir esta característica a seus descendentes. Os cientistas Avery, MacLeod e McCarty pensaram, então, o seguinte: se isolarmos as diferentes substâncias químicas presentes no extrato de bactérias com cápsula e colocarmos uma de cada vez em uma cultura de bactérias sem cápsula, poderemos saber qual destas substâncias é capaz de causar a transformação. Eles realizaram uma experiência semelhante a esta e descobriram que a substância capaz de causar a transformação era o DNA; o princípio transformante, portanto, eram moléculas de DNA.

O princípio transformante nada mais é que um a informação hereditária bacteriana; o DNA é, portanto, a substância que contém essa informação, ou seja, o próprio gene para cápsula (AMABIS; MARTHO, 1985, p. 7 - 9).

Analisando o texto do livro didático de Amabis e Martho percebemos que existe a preocupação na apresentação de aspectos históricos.

Os autores (1985, p. 7) iniciam o assunto da transformação bacteriana explicando que, "até os anos 40, os ácidos nucléicos não despertaram maiores interesses dos cientistas". Em relação a essa citação, poderiam justificar que a pesquisa estava sendo desenvolvida e não que os ácidos nucléicos não despertaram maiores interesses dos cientistas.

Na seqüência, a história foge ao padrão de seguimento dos demais livros didáticos que serão apresentados, pois, apresentam primeiramente Avery e seus colaboradores, comemorando a descoberta do DNA como substância responsável pela hereditariedade. "Em 1944, as experiências de Avery, MacLeod e McCarty revelaram, finalmente, que o DNA era nada menos que a substância responsável pela hereditariedade".

Na continuidade da história, surge Griffith com a narrativa de seu experimento a respeito da transformação entre as bactérias.

O fenômeno, da transformação bacteriana foi descoberto por Fred Griffith em 1928. Este pesquisador, ao estudar as bactérias que causam a pneumonia em ratos (pneumococos ou *Diplococcus pneumoniae*), descobriu que elas podem apresentar-se sob duas formas: algumas têm uma cápsula gelatinosa envolvente, enquanto outras não a possuem.

É interessante considerar o fato de que, pelo menos, da forma como a história está apresentada, ou autores omitem que na época existia um problema em questão, que era a possibilidade das bactérias sofrerem ou não mutação.

Dando seqüência à narrativa histórica fica sugerida uma interrupção entre Griffith e Avery, de modo a entender que cada cientista foi descobrindo algo totalmente diferente.

Mais adiante, percebemos que Amabis e Martho (1985), não consideram a forma lamarckista que Griffith trabalhava e a teoria da polimeria não disponível no seu período, mas consideram que, embora sem conseguir êxito, ele tentou explicar o episódio da transformação, onde as bactérias mortas capsuladas liberavam alguma substância que era captada pelas bactérias sem cápsulas, produzindo o surgimento de cápsula nestas últimas. Podemos constatar isso nos seguintes dizeres de Amabis e Martho (1985, p. 9):

Concluiu-se que as bactérias mortas capsuladas liberavam alguma substância, que era captada pelas bactérias sem cápsula e determinavam, nestas últimas, o aparecimento da cápsula e a capacidade de causar pneumonia.

Depois de tal menção, o experimento é retomado, agora de Avery, considerando que o mesmo demorou anos para explicar o fator da transformação. Podemos perceber que os mesmos não descrevem a teoria da polimeria, mas mencionam que Avery utilizou-se das enzimas, uma vez que empregou o processo de isolamento. Detectamos isto, quando eles relatam que:

Os cientistas Avery, MacLeod e McCarty pensaram, então, o seguinte: se isolarmos as diferentes substâncias químicas presentes no extrato de bactérias com cápsula e colocarmos uma de cada vez em uma cultura de bactérias sem cápsula, poderemos saber qual destas substâncias é capaz de causar a transformação (p. 10).

Por fim, os autores 'apresentam' a conclusão, ora já explícita no início do texto que, Avery e seus colaboradores descobriram que o DNA era a substância que determinava o surgimento da cápsula nas bactérias. Vejamos: [...] "descobriram que a substância capaz de causar a transformação era o DNA; o princípio transformante, portanto, eram moléculas de DNA" (AMABIS; MARTHO, 1985, p. 10).

Como vimos na introdução deste trabalho, existe a descrição de alguns tipos de histórias de Ernst Mayr (1998, p. 16 - 21) e analisando o livro didático de Amabis e Martho (1985, p. 7 - 10), pudemos detectar que os mesmos privilegiaram a história lexicográfica e cronológica, pois se trata de uma descrição com evidências nas questões 'o que' e 'quando', não demandando reflexão do contexto. Quanto à cronologia, se faz necessária a organização do tempo, apesar dos autores terem iniciado a história com Avery (1944) e na seqüência Griffith (1928). Embora seja necessário o relato desse tipo de história, ela tem o inconveniente de encobrir o problema em questão.

Segue, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Amabis e Martho (1995):

	Omissão dos Episódios			Mutações	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Amabis e Martho 1995	Não	Sim	Não	Não	Não	sim	Não	Lexográfica e Cronológica	Não

2.2 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MERCADANTE, BRITO, ALMEIDA, TREBBI E FAVARETTO - 1999

O pneumococo (uma bactéria) pode ser encontrado em duas formas: uma sem cápsula e não-patogênica; outra, patogênica (capaz de produzir doença), possui, além da membrana plasmática e da parede celular, uma cápsula externa. A presença da cápsula é determinada geneticamente.

Avery, MacLeod e McCarty demonstraram, em 1944, que uma solução contendo DNA obtido de bactérias capsuladas mortas, misturada com bactérias vivas não capsuladas, também provocava a morte dos camundongos, que tinham igualmente, em seu sangue, bactérias capsuladas vivas. Assim, o DNA era o "fator de transformação", responsável pela mudança da estrutura e do comportamento das bactérias (MERCADANTE; BRITO; ALMEIDA, TREBBI; FAVARETTO, 1999, p. 141).

Analisando o texto do livro didático de Mercadante, Brito, Almeida, Trebbi e Favaretto, (1999, p. 141), identificamos que os autores contam a história em dois parágrafos assim organizados: no primeiro parágrafo, estão descritas os dois tipos de bactérias (capsuladas e não-capsuladas) e no segundo há a apresentação de Avery, seus colaboradores e o resultado de seu experimento.

No entanto, quando se compara essa história com a história narrada no capítulo 1, torna-se difícil a análise da mesma, uma vez que esta não descreve o problema da variabilidade relacionado com o comportamento das bactérias.

Os autores tentam narrar a história da transformação, mas não tomam o cuidado de considerar, nem ao menos, o experimento de Griffith realizado em 1928 e sua tentativa de explicação quando bactérias sem cápsulas adquiriam cápsulas, ou seja, Griffith nem é citado.

Isto poderá dificultar o interesse do leitor que poderia levantar questionamentos para entender as circunstâncias que fizeram com que Avery e não

Griffith conseguisse descobrir qual era o agente da transformação. Pois, ao relatarem como foi solucionado o problema da transformação bacteriana, atribuem exclusivamente a solução desse problema a Avery, sugerindo o entendimento que ele foi o único 'herói' da situação.

Ainda com relação ao segundo parágrafo, os cinco autores apresentam o DNA como fator da transformação, mas não apresentam o experimento de Avery. Omitem também a utilização das enzimas, não deixando claro para o leitor que, para o sucesso de Avery a teoria da polimeria foi grande aliada ao resultado de seu experimento.

A narrativa apresentada desta forma, ou seja, incompleta, sugere ao leitor que, a história da transformação bacteriana foi marcada por simplicidade.

De acordo com Mayr (1998, p. 16), quando a história é assim apresentada pode ser considerada somente como lexicográfica, pois é meramente descritiva e favorece apenas parte da história.

Abaixo, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Mercadante, Brito, Almeida, Trebbi e Favaretto (1999):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Mercadante, Brito, Almeida, Trebbi e Favaretto - 1999	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica	Não

2.3 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MORANDINI E BELLINELLO - 1999

A identificação do DNA como material genético resultou de dois famosos experimentos: a transformação bacteriana e a experiência do liquidificador.

A transformação bacteriana

O pneumococo (*Diplococcus pneumoniae*) é a bactéria que provoca, no homem, a pneumonia. Os pneumococos podem formar dois tipos de colônias: lisas ou rugosas. As lisas são as patogênicas e devem seu aspecto à presença de uma cápsula lisas e da mucosa que as envolve. A cápsula impede que as bactérias sejam fagocitadas pelos glóbulos brancos; por isso elas se reproduzem, causando a pneumonia. As bactérias sem cápsula têm aparência rugosa e, como podem ser fagocitadas, não são patogênicas. As bactérias lisas e rugosas são designadas, respectivamente, por S (de smooth = lisa) e R (de rough = rugosa). O bacteriologista inglês F. Griffith em 1928 fez a seguinte experiência:

1 Injetou em ratos pneumococos vivos sem cápsula (bactérias R). Os ratos continuaram saudáveis.

2 Injetou em ratos pneumococos vivos com cápsulas (bactérias S). Afetados pela pneumonia, os ratos morreram.

3 Bactérias S, mortas pelo calor, foram injetadas nos ratos. Eles não desenvolveram pneumonia.

4 O cientista injetou, então, em ratos uma mistura de pneumococos R vivos e pneumococos S mortos pelo calor. Os ratos contraíram a pneumonia e morreram. Portanto, no interior dos ratos, bactérias R haviam se transformado em bactérias S.

5 Griffith cultivou grande quantidade de bactérias S que, posteriormente, foram mortas pela ação do calor e pulverizadas. Com elas preparou um extrato que continha todas as substâncias existentes nas células da bactéria S. A um meio de cultura contendo bactérias R adicionou o extrato. Apareceram na cultura bactérias S, que se reproduziram, originando descendentes S.

Quando o extrato de células com cápsulas mortas por ação do calor é adicionado a células vivas sem cápsulas, aparecem algumas células com cápsulas, que causam pneumonia e morte quando injetadas. O fenômeno da transformação bacteriana foi atribuído a um agente desconhecido, chamado de fator transformante. Assim temos:

Pneumococo R + agente transformante — pneumococo S Em 1944, ainda estudando a transformação bacteriana, os cientistas Oswald Avery e Colin MacLeod, canadenses, e Maclyn McCarthy, norte-americano, verificaram que na presença da DNAase, enzima que desintegra o DNA, o extrato não exercia a transformação. Assim, deduziram que o fator transformante era o DNA de S, ou seja, o caráter cápsula era condicionado por um tipo de DNA. Daí concluíram que: Pneumococo R + DNA de S — pneumococo S

A experiência do liquidificador

Realizado por Alfred Hershey e Martha Chase em 1952, o experimento do liquidificador demonstrou que o DNA é o material genético do bacteriófago T2, um tipo de vírus que parasita a bactéria *Escherichia coli*, desintegrando-a. O T2 apresenta uma cápsula protéica formada por cabeça e cauda. O material genético, constituído por uma molécula de DNA, localiza-se na cabeça.

Hershey e Chase marcaram duas séries de bacteriófagos com isótopos radioativos S35 contidos nas proteínas e P32 existente no DNA. Algumas culturas bacterianas foram infectadas com bacteriófagos contendo S35 e outras com bacteriófagos marcados com P32.

Iniciado o ciclo de infecção, as colônias de bactérias foram agitadas num liquidificador. A agitação mecânica separou os bacteriófagos das bactérias. A seguir, uma centrifugação separou as bactérias, que se precipitaram, dos bacteriófagos, que permaneceram sobrenadantes. Na amostra que continha S35, a radioatividade só se manifestava na suspensão, enquanto na outra o P32 era detectado no interior da célula. A experiência demonstrou que apenas o DNA penetrava nas bactérias e produzia novos vírus, sendo o material genético dos vírus. O material genético é o DNA (MORANDINI; BELLINELLO, 1999, p. 384 - 387).

Na apresentação histórica do problema da transformação bacteriana exibida no livro didático de Morandini e Bellinello (1999, p. 384 - 387), identificamos a apresentação dos pneumococos quanto à estrutura e a capacidade de causar pneumonia.

Na seqüência surge Griffith, a descrição do experimento de 1928 e a seguinte conclusão: "O fenômeno da transformação bacteriana foi atribuído a um agente desconhecido, chamado de fator transformante. Assim temos: Pneumococo R + agente transformante — pneumococo S" (p. 386).

Os autores utilizam boa parte do texto histórico apresentado para explicar a seqüência do experimento de Griffith, mas deixam de explicar que naquela época existia um problema no domínio da microbiologia, que era a possibilidade dos pesquisadores estabelecerem se havia ou não mutação entre as bactérias.

Existe ainda nesta narrativa, a omissão da orientação metodológica que Griffith trabalhava quando, embora amparado por idéias lamarckistas, tentou

explicar a transformação das bactérias sugerindo que as bactérias sem cápsulas ingeriam uma substância proveniente das bactérias capsuladas.

Em seguida, em poucas linhas anunciam Avery, seus colaboradores, o procedimento com o uso da enzima que desintegra o DNA, a dedução e a conclusão do seu experimento. Vejamos a referência abaixo:

Em 1944, ainda estudando a transformação bacteriana, os cientistas Oswald Avery e Colin MacLeod, canadenses, e Maclyn McCarthy, norteamericano, verificaram que na presença da DNAase, enzima que desintegra o DNA, o extrato não exercia a transformação. Assim, deduziram que o fator transformante era o DNA de S, ou seja, o caráter cápsula era condicionado por um tipo de DNA. Daí concluíram que: Pneumococo R + DNA de S — pneumococo S (p. 386).

O que fica sugerido através da citação acima é que Avery através de sua capacidade desvendou rapidamente qual seria a substância que causava a transformação nas bactérias.

Porém, pela narrativa histórica apresentada no capítulo 1 desta pesquisa, sabemos que Avery já tinha disponível a teoria da polimeria. Mesmo com a disponibilidade desta teoria da química, Avery dedicou-se por muitos anos em sua pesquisa até conseguir explicar qual era a substância capaz de causar transformação entre as bactérias, além de ter o resultado de seu experimento contestado pela comunidade científica da época.

Dessa forma, essa narrativa, não apresenta as circunstâncias que favoreceram Avery no desdobramento quanto ao agente transformador e permite ao leitor concluir que Griffith fracassou quando não conseguiu uma explicação para o agente da transformação entre as bactérias.

Analisando o livro didático de Morandini e Bellinello (1999, p. 384 - 387) foi possível perceber que os autores contemplam alguns tipos de histórias descritas por Mayr (1998, p. 16 - 17), uma vez que apresenta uma seqüência de tempo e fatos num seguimento linear. É uma história que narra com seriedade às questões do tipo 'o que' e 'quando' os experimentos se realizaram, porém esse tipo de história não exige compreensão do problema num contexto maior. Com isso concluímos que se trata respectivamente de uma história cronológica e lexicográfica.

Abaixo, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Morandini e Bellinello (1999):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orienta�o Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribui�o dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Morandini e Bellinello 1999	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Lexográfica e Cronológica	Não

2.4 DESCRI O DO EPISÓDIO DA TRANSFORMA O BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO - 2004

A história da identifica o do DNA como material hereditário começou em 1928, com a descoberta do fenômeno da transforma o bacteriana pelo médico inglês Fred Griffith (1877-1941). Na  poca, Griffith estudava a bactéria *Diplococcus pneumoniae* (atualmente classificada como *Streptococcus pneumoniae*), causadora de pneumonia em seres humanos e outros mamíferos. Sabia-se da existência de duas linhagens dessa espécie de bactérias: capsuladas, em que as células são envoltas por uma cápsula de muco, e sem cápsula, em que as células não apresentam envoltório mucoso. *Pneumococos* capsulados são patog nicos, isto é, causam pneumonia em animais, enquanto *pneumococos* sem cápsula não causam a doença. A presença de cápsula   hereditária: bactérias capsuladas, quando se reproduzem, sempre originam bactérias-filhas capsuladas, enquanto bactérias sem cápsula, ao se reproduzirem, originam bactérias-filhas idênticas a si, sem cápsula (exceto se ocorrer muta o, o que é evento raríssimo). Com o objetivo de verificar se era ou não a cápsula o fator desencadeante da pneumonia, Griffith injetou, em camundongos, bactérias capsuladas previamente mortas pelo calor. Os animais continuaram saudáveis, o que levou a concluir que as bactérias capsuladas tinham de estar vivas para causar a doença. Em outros camundongos, Griffith injetou uma mistura de bactérias capsuladas mortas pelo calor e bactérias sem cápsula vivas. Ele esperava que os camundongos se mantivessem saudáveis, pois, conforme já sabia, bactérias capsuladas mortas não causavam a doença, assim como as bactérias sem cápsula. O resultado foi surpreendente: os quatro animais que haviam recebido inje o da mistura - bactérias capsuladas mortas e bactérias sem cápsula vivas - morreram de pneumonia e em seu sangue havia bactérias capsuladas vivas. Cerca de trinta animais que serviram de grupo de controle

experimental, nos quais apenas bactérias sem cápsula viva foram injetadas, continuaram perfeitamente saudáveis. Esse resultado, não previsto por Griffith, levou-o a repetir o experimento, com resultados idênticos.

Duas explicações podiam ser aventadas: ou as bactérias encapsuladas mortas pelo calor haviam ressuscitado o que era absurdo, ou bactérias vivas sem cápsula haviam se transformado em bactérias encapsuladas, devido a algum tipo de influência das bactérias capsuladas mortas. O cientista admitiu a segunda explicação, e deu ao fenômeno o nome de transformação bacteriana. Em 1933, o pesquisador James Lionel Alloway (1900-1954), um colaborador de Oswald Avery (1877-1955), descobriu que a transformação bacteriana podia ocorrer *in vitro*, isto é, em um tubo de ensaio, sem a necessidade de injetar bactérias em camundongos. Ele cultivou bactérias capsuladas e sem cápsula em frascos separados. Em seguida, matou por calor as bactérias capsuladas e as macerou, para que não restasse nenhuma célula íntegra. O extrato de bactérias capsuladas foi, então, misturado a bactérias vivas sem cápsula. Depois de algum tempo, foram detectadas bactérias capsuladas vivas, resultantes da transformação de bactérias sem cápsula. Alloway observou que extrato de bactérias capsuladas, quando tratado de maneira apropriada com álcool, formava um precipitado espesso e viscoso, que continuava a apresentar capacidade transformante, isto é, de produzir transformação das bactérias. Se o precipitado obtido do extrato bruto fosse colocado em culturas de bactérias sem cápsula, algumas delas transformavam-se em bactérias capsuladas e passavam a transmitir essa característica às suas descendentes. Esta descoberta criou a possibilidade de purificar o agente químico causador da transformação.

Avery e dois de seus colaboradores Colin M. MacLeod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911-2005), isolaram um extrato com alto poder transformante e o trataram com diferentes enzimas: amilases, que degradam polissacarídeos, proteases, que degradam proteínas, e ribonucleases, que degradam RNA. Constataram que estes tratamentos não afetavam o poder do extrato de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas. Somente quando o extrato foi tratado com desoxirribonuclease, enzima que degrada DNA, ele perdeu sua capacidade de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas. Assim, em 1944, após 12 anos de intensa atividade de pesquisa, Avery e seus colaboradores chegaram à conclusão de que a substância capaz de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas era o DNA.

Avery e seus colaboradores foram cautelosos ao interpretar os resultados obtidos; assim, não afirmaram que o DNA era o material hereditário das bactérias. Diversos pesquisadores, porém, imaginaram essa possibilidade, e passaram a testá-la. Um dos experimentos pioneiros na demonstração de que o DNA é o material hereditário foi realizado pelos pesquisadores norte-americanos Alfred Day Hershey (1908-1997) e Martha Chase (1928-2003). Esses pesquisadores trabalharam com o bacteriófago T2, um vírus constituído por uma molécula de DNA envolta por um capsídeo protéico, cujo ciclo de vida era bem conhecido na época (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 136 - 137).

Com relação ao livro didático escrito por Amabis e Martho (2004), podemos observar que os autores descrevem diversas datas e fatos importantes.

Percebemos na introdução do texto a apresentação de Griffith e de seu experimento. Os autores narram com detalhe seu experimento, sua aceitação quanto ao fenômeno da transformação bacteriana, mas não mencionam a possibilidade de mutação entre as bactérias.

Amabis e Martho (2004, p.137) não descrevem que, apesar de Griffith trabalhar considerando que o ambiente poderia solicitar uma mutação entre as espécies (orientação lamarckista), ele sugeriu uma explicação para a transformação bacteriana.

Na continuidade do texto, percebemos a apresentação de Avery, bem como a utilização das enzimas em seu experimento e o apreço dos autores em narrar os anos de dedicação de Avery para a revelação de que o DNA era o princípio transformante.

Avery e dois de seus colaboradores Colin M. MacLeod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911-2005), isolaram um extrato com alto poder transformante e o trataram com diferentes enzimas:[...] quando o extrato foi tratado com desoxirribonuclease, enzima que degrada DNA, ele perdeu sua capacidade de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas. Assim, em 1944, após 12 anos de intensa atividade de pesquisa, Avery e seus colaboradores chegaram à conclusão de que a substância capaz de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas era o DNA .

Por essa citação, fica explícito que o uso das enzimas no procedimento do experimento auxiliou Avery na descoberta de que o DNA era o agente de transformação. A teoria da química já disponível em 1944, não é mencionada.

Embora a história de Amabis e Martho considerar fatos importantes, ela não descreve a tentativa de explicação da transformação bacteriana por Griffith, quando sugeriu que as bactérias sem cápsulas ingeriam uma substância que ele chamou de 'pabulum'. Com a ausência desta passagem, foi privilegiado apenas o sucesso de Avery.

De acordo com o livro didático de Amabis e Martho (2004), podemos observar que os autores expõem diversas datas e acontecimentos. Consideram 'o que' e 'quando' os pesquisadores fizeram seus experimentos, dando a impressão

que os mesmos, no que se refere ao problema da transformação bacteriana, foram feitos ao longo do tempo, numa seqüência linear.

Podemos concluir que, de acordo com Mayr (1998, p. 16 - 17), Amabis e Martho (2004) consideram a história lexicográfica, cronológica e fazem uma simples abordagem considerando a história de problemas, na qual segundo Mayr (1998, p. 21) nessa concepção algumas questões devem ser consideradas, entre elas quais foram os instrumentos conceituais e técnicos de que tinham a disposição na busca de uma solução; quais foram os métodos que se pôde utilizar e quais as idéias predominantes na época que dirigiram suas pesquisas e influenciaram as suas decisões.

Segue, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Amabis e Martho (2004):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Amabis e Martho 2004	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Lexográfica e Cronológica	Consideram superficialmente

2.5 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE SILVA JR E SASSON - 2005

Faz menos de 50 anos que se compreendeu que os genes, responsáveis pela hereditariedade, são pedaços de um ácido nucléico especial, o DNA. Até aquela época, muitos pesquisadores importantes acreditavam que os genes fossem proteínas, em parte porque os cromossomos, portadores dos genes, apresentavam certa quantidade de proteínas na sua composição.

A história começa em 1927. Frederick Griffith, um microbiologista interessado em desenvolver uma vacina contra a pneumonia, trabalhava em laboratório com pneumococos, bactérias causadoras dessa doença. Há duas formas de pneumococos: os capsulados, os quais, como o nome indica, possuem uma cápsula gelatinosa ao seu redor, e os não-capsulados. Além dessa diferença de estrutura, o efeito desses pneumococos também é diferente: quando injetado em ratos, os pneumococos capsulados causam pneumonia e,

finalmente, a morte. Os não capsulados, ao contrário, não são nocivos. Tanto a presença ou ausência de cápsula quanto à virulência são atributos genéticos, isto é, passam de geração em geração para os descendentes das bactérias.

Na tentativa de obter uma vacina, Griffith injetava pneumococos capsulados mortos em ratos. Numa das experiências, ele injetou uma mistura de pneumococos capsulados mortos pelo calor, com pneumococos não- capsulados vivos. Os camundongos morreram inesperadamente. O mais estranho, no entanto, foi a descoberta de que no sangue dos ratos havia pneumococos, com cápsula, vivos! Foi levantada a hipótese de que alguma substância havia passado das bactérias capsuladas mortas para as não capsuladas vivas, modificando-as geneticamente. Para testar a hipótese, as experiências foram repetidas em meio de cultura, fora, portanto, do corpo de animais. Uma cultura de bactérias capsuladas foi morta por aquecimento; em seguida, as bactérias foram trituradas, obtendo-se um extrato com todas as substâncias presentes naqueles microrganismos. O extrato foi adicionado a uma cultura de bactérias não capsuladas, vivas; algum tempo depois, viu-se que algumas das bactérias apresentavam cápsula! Além disso, quando essas bactérias se reproduziam, seus descendentes apresentavam cápsula e eram capazes de provocar a doença, quando injetados em ratos. Parecia claro que alguma substância do extrato havia transformado geneticamente algumas das bactérias sem cápsula, que assim adquiriram não somente cápsula, como também virulência. Restava descobrir que substância do extrato era capaz de promover essa transformação genética.

Avery, MacLeod e McCarthy, em 1944, publicaram seus resultados: haviam conseguido isolar do extrato a substância transformante: era o DNA (ácido desoxirribonucléico) de bactérias capsuladas que, quando incorporado por bactérias sem cápsula, fazia com que elas também produzissem cápsula e causassem pneumonia. Provou-se, assim, que o material genético era realmente um ácido nucléico, e não uma proteína, como se acreditava até então.

Na década de 1950, dois pesquisadores, Watson e Crick, propuseram um modelo da estrutura da molécula de DNA em forma de dupla-hélice. A compreensão da estrutura do DNA levou a entender as propriedades dos genes, como a capacidade de duplicação e controle da célula através do RNA, e impulsionou de forma impressionante todas as pesquisas sobre genética molecular, que continuam, até hoje, a todo vapor (SILVA JR; SASSON, 2005, p. 82 - 84).

Pela narrativa da história do problema da transformação bacteriana abordada no livro didático de Silva Jr e Sasson (2005, p. 82 - 84), observamos que ao introduzir o assunto, os autores fazem a apresentação geral da história, considerando o experimento de Griffith a respeito da transformação das bactérias.

Eles não expõem a questão que havia na época e que ainda não tinha resposta, que era a possibilidade de estarem lidando com uma mutação entre

as bactérias. Percebe-se que ambos descrevem a incapacidade de Griffith ao identificar a substância transformadora.

Parecia claro que alguma substância do extrato havia transformado geneticamente algumas das bactérias sem cápsula, que assim adquiriram não somente cápsula, como também virulência. Restava descobrir que substância do extrato era capaz de promover essa transformação genética.

Segundo os autores, além de parecer claro que alguma substância do extrato havia transformado geneticamente algumas bactérias, era necessário que alguém descobrisse qual substância do extrato era capaz de promover tal transformação.

Retornando ao capítulo 1 é possível identificar que embora Griffith trabalhasse, talvez sem se dar conta, amparado numa metodologia lamarckista, este tentou explicar o fato quando sugeriu que as bactérias não capsuladas ingeriam uma substância proveniente das bactérias capsuladas que denominou de 'pabulum'. Embora não tenha chegado à conclusão certa, não se pode dizer que ele simplesmente não conseguiu dar uma explicação ao fato.

Na continuidade do texto está narrado que o descobridor da transformação bacteriana foi Avery e seus colaboradores. Percebe-se que não foi relatado que o suporte das enzimas e da teoria da polimeria, a lembrar, disponível para Avery, mas não para Griffith, favoreceu a conclusão de seus experimentos.

Avery, MacLeod e McCarthy, em 1944, publicaram seus resultados: haviam conseguido isolar do extrato a substância transformante: era o DNA (ácido desoxirribonucléico) de bactérias capsuladas que, quando incorporado por bactérias sem cápsula, fazia com que elas também produzissem cápsula e causassem pneumonia.

O modo como narram a história fica evidente que, aquilo que Griffith não conseguiu explicar e nem realizar, Avery, sem muitos esforços, obteve a resposta. Dessa forma, destacam Avery como o único digno do mérito por ter resolvido a questão.

A história apresentada no livro de Silva Jr e Sasson (2005, p. 82 - 84) oferece certa organização de tempo e é descritiva com destaque em algumas questões, favorecendo apenas uma parte da história. De acordo com Mayr (1998, p.

16 - 17), a história apresentada dessa forma pode ser considerada, respectivamente, como: cronológica e lexicográfica.

Os autores descrevem ainda que, de forma incompleta, uma história de problemas, que segundo Mayr (1998, p. 21) é a história mais aceitável, a qual se caracteriza pelo estudo dos problemas e não pelos períodos. Nessa visão, os problemas científicos são melhores compreendidos por meio de estudos de sua história. Nessa abordagem também são apresentadas as tentativas fracassadas para a solução de problemas que envolvia a pesquisa.

Abaixo, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Silva Jr e Sasson (2005):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Silva Jr e Sasson 2005	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Consideram superficialmente

2.6 Descrição do Episódio da Transformação Bacteriana Apresentada no Livro Didático de Favaretto e Mercadante -2005

Em 1928, Frederick Griffith tentava obter uma vacina contra a pneumonia causada pelo pneumococo. Essa bactéria pode ser encontrada em duas formas: uma sem cápsula e não-patogênica; a outra, patogênica (capaz de produzir doença), possui, além da membrana plasmática e da parede celular, uma cápsula externa. A presença de cápsula é característica hereditária; bactérias capsuladas ou não-capsuladas geram outras iguais a elas.

Griffith observou que, matando bactérias capsuladas pelo calor, elas perdiam a capacidade de causar doença. Quando, porém, misturava bactérias capsuladas mortas pelo calor com bactérias vivas não-capsuladas, a mistura provocava a morte dos camundongos. Coletando amostras de sangue dos camundongos mortos por essa mistura, Griffith encontrou bactérias vivas capsuladas. Imaginou a existência de um "fator de transformação", mas não conseguiu purificá-lo nem explicar de que se tratava.

Em 1944, Oswald 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, que tinham igualmente, em seu sangue, bactérias capsuladas vivas. Assim, o DNA era o "fator de transformação", responsável pela mudança do comportamento das bactérias (FAVARETTO; MERCADANTE, 2005, p. 94 - 95).

Favaretto e Mercadante (2005) iniciam o assunto apresentando Griffith que trabalhava no intuito de obter uma vacina contra pneumonia.

Não é citado o problema que existia na época, em relação à possibilidade de mutação entre as bactérias.

Na seqüência, observamos a história quanto ao tipo de bactérias, (capsuladas ou não) e a afirmação da incapacidade de Griffith que após realizar seus experimentos, "imaginou a existência de um fator de transformação, mas não conseguiu purificá-lo nem explicar de que se tratava" (2005, p. 94). Sabemos que de acordo com a história descrita no capítulo 1, embora Griffith trabalhasse respaldado numa metodologia lamarckista, ele expôs uma tentativa de resposta, apesar de equivocado, no que diz respeito às bactérias não-capsuladas ingerirem das capsuladas, um 'pabulum' capaz de causar a transformação das bactérias não-capsuladas em capsuladas.

Na seqüência do texto, tem-se a impressão que Avery foi rápido na descoberta e demonstração do DNA como fator de transformação.

Em 1944, Oswald 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, que tinham igualmente, em seu sangue, bactérias capsuladas vivas. Assim, o DNA era o "fator de transformação", responsável pela mudança do comportamento das bactérias.

Após esta citação, necessitamos retornar ao capítulo 1 desta pesquisa para avaliar o que diz a historiografia. Detectamos que Avery trabalhava com grande determinação no Instituto Rockefeller onde dedicou-se ao problema da transformação bacteriana por aproximadamente 15 anos (WHITE, 2003, p. 337, BRODY; BRODY, 2000, p. 351, FERREIRA, 2003, p. 40).

Os autores também não explicam que na época de Griffith, o mesmo não dispunha dos estudos enzimáticos e da teoria da polimeria que, em 1944, apontou o caminho para Avery na explicação da transformação bacteriana.

A história apresentada dessa forma destaca Avery como o solucionador do enigma da transformação bacteriana. Deste modo, o relato da história apresentada, dá a impressão de que Avery resolveu com muita facilidade tal questão.

Analisando o livro didático de Favaretto e Mercadante (2005, p. 94 - 95), percebemos que os autores enfatizam 'o que' e 'quando' Griffith e Avery fizeram seus experimentos em uma seqüência de tempo. Segundo Mayr (1998, p. 16 - 17), esse tipo de história é lexicográfica e cronológica. Os autores não abordam a história de problemas.

Abaixo, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Favaretto e Mercadante (2005):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Favaretto e Mercadante 2005	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Não

2.7 Descrição do Episódio da Transformação Bacteriana Apresentada no Livro de Paulino - 2005

Em 1865, o bioquímico suíço Friedrich Miescher verificou, no núcleo de glóbulos brancos do pus de espermatozoides, a presença de ácidos associados a proteínas. Acreditando que esses ácidos fossem exclusivos do núcleo das células, denominou-os ácidos nucleicos. Em 1953, James Watson e Francis Crick propuseram um modelo para a molécula do DNA, que lhes valeu o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1962. De acordo com esse modelo, a molécula do DNA é constituída por dois filamentos (cadeias de nucleotídeos) enrolados, um ao redor do outro, na forma de uma hélice dupla (PAULINO, 2005, p. 76 - 77).

Embora Paulino (2007, p. 76 - 77) não narre a história da transformação bacteriana, apresenta o conteúdo sobre DNA.

O autor omite o episódio da transformação bacteriana relatando apenas a substância que Miescher descobriu em 1865 no núcleo de células e que hoje conhecemos como ácidos nucleicos, saltando para o Prêmio Nobel recebido por Watson e Crick, quando propuseram o modelo da dupla-hélice em 1953.

Sabemos que os mais diversos ramos da ciência desenvolveram em meio à descoberta de Miescher e Watson e Crick, entre elas a Química, a Física Quântica, os avanços da microscopia e a Biologia molecular.

O percurso que levou a atribuir ao DNA um papel central na transmissão das características hereditárias e aqui não podemos deixar de citar Griffith e Avery, não foi simples, ao contrário, foi um longo e minucioso trabalho realizado durante muitos anos, com grande rigor e persistência em todas as técnicas usadas. No entanto, a história apresentada desta forma sugere ao leitor que, nesses 88 anos, entre Miescher e Watson e Crick, nada aconteceu.

Desta forma, considerando a história narrada no capítulo 1, o autor não abordou nenhum dos aspectos desenvolvidos, ou seja: a mutação, o desenvolvimento da polimeria e a orientação metodológica que Griffith trabalhava.

O problema com narrativas deste tipo é que apenas ilustra parte do conhecimento principal, não possui nenhum significado cognitivo e não favorece a compreensão da Ciência.

A história cronológica segundo Mayr (1998, p. 16 - 17) também deve apresentar uma seqüência de tempo onde permite investigar como o desenvolvimento em outros ramos da ciência pôde influenciar a Biologia. No entanto, fica difícil determinar que o autor contemplou a história cronológica, uma vez que o modo como foi narrada a história, impossibilita perceber se houve o desenvolvimento da Ciência.

Abaixo, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Paulino (2005):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orienta�o Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribui�o dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contempla a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Paulino 2005	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Cronológica incompleta	Não

2.8 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE LINHARES E GEWANDSZNAJDER - 2005

Em 1962, o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina foi concedido aos cientistas Francis Crick, Maurice Wilkins (britânicos) e James Watson (norte-americano) por suas pesquisas que determinaram a estrutura molecular do DNA, conhecida como modelo da dupla hélice: a molécula de DNA é representada por dois filamentos formados por muitos nucleotídeos e torcidos em hélice no espaço, ligados um ao outro pelas bases nitrogenadas (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 87).

Apesar de Linhares e Gewandsznajder (2005, p. 87) não apontarem o episódio da transformação bacteriana, apresentam parte do conteúdo sobre o DNA relacionado com a hereditariedade quando consideram Watson e Crick.

Os autores não têm o cuidado de apresentar ao menos a narrativa padrão, que embora não ofereça ao leitor o entendimento de uma série de problemas e avanços científicos que havia na época, (pois se trata de uma narrativa incompleta) permite ao menos o reconhecimento tanto de Griffith quanto de Avery como pesquisadores importantes da época para a posterior formulação do modelo da dupla hélice.

Deste modo, considerando a história narrada pelos historiadores no capítulo 1, os autores não desenvolveram nenhum dos aspectos que acompanharam a produção científica e que permitiu o esclarecimento de que o DNA era a substância transformadora.

Com a falta dos aspectos, ou seja, a ausência de explicação quanto aos problemas científicos que se faziam presentes na época que eram a possibilidade dos pesquisadores estarem lidando com mutação entre as bactérias, o desenvolvimento da polimeria que abriu caminho para a aceitação do DNA como agente da transformação e a orientação lamarckista que impossibilitou Griffith descobrir qual era o agente da transformação bacteriana, conduz ao leitor uma idéia simplista da Ciência.

A dificuldade com narrativas deste tipo é que apenas ilustra o conhecimento principal. Em toda história deve estar implícito os problemas que conduziram os cientistas até se chegar ao ponto específico em questão dando ao leitor oportunidade de construir conceitos.

A história narrada pelos autores não exige reflexão, pois tem a desvantagem de favorecer apenas parte da história. Mayr (1998, p. 16) classifica este tipo de história como lexicográfica.

A seguir, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Linhares e Gewandsznajder (2005):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Linhares e Gewandsznajder 2005	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Lexográfica	Não

2.9 Descrição do Episódio da Transformação Bacteriana Apresentada no Livro de Lopes E Rosso - 2005

A natureza química do material genético começou a ser descoberta a partir de 1869, quando o jovem cientista Friedrich Miescher (1844-1895) isolou, a partir do núcleo de células, moléculas grandes que denominou nucleínas. Desde então, outros cientistas confirmaram que as nucleínas tinham natureza ácida e passaram a chamá-las ácidos nucleicos. No início do século XX foram identificados dois tipos de ácido nucleico; o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA). Em 1944 o DNA foi reconhecido por Oswald Avery (1877-1955), Colin Munro MacLeod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911) como sendo o material genético (LOPES; ROSSO, 2005, p. 425).

Observamos que, apesar de não descreverem a transformação bacteriana, Lopes e Rosso (2005, p. 425) em seu conteúdo sobre DNA apresentam um resumo de alguns episódios históricos sobre o DNA.

A história contida no livro didático desses autores apresenta dois acontecimentos: o primeiro relacionado à Miescher que em 1869 descobriu moléculas grandes que chamou de nucleína e que posteriormente foi denominado por outros pesquisadores de ácidos nucleicos. O segundo pertinente a Avery e seus colaboradores que em 1944 reconheceram o DNA como o material genético.

Porém, quando se confronta essa história com a descrita no capítulo 1, torna-se intrincada a análise da mesma, uma vez que não apresenta o enigma da variabilidade relacionado ao comportamento das bactérias e nem o experimento de Griffith, realizado em 1928, e sua tentativa de explicação quando bactérias sem cápsulas adquiriam cápsulas.

Os autores poderiam ter preenchido o 'vácuo' que existe entre Miescher e Avery, não apenas mencionando nomes, mas considerando os problemas científicos de seu tempo, os instrumentos e métodos de que dispunham na busca de uma solução.

Quando eles citam Avery (e realmente não passa de uma citação), deixam de exibir o seu experimento bem como a utilização das enzimas, não deixando claro ao leitor que, para o sucesso de Avery, a teoria da polimeria foi importante aliada ao resultado de seu experimento.

De acordo com Mayr (1998, p. 16 - 17), a história apresentada dessa forma pode ser considerada, respectivamente, como: cronológica e lexicográfica.

Abaixo, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto do livro didático de Lopes e Rosso (2005):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplam a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Lopes e Rosso 2005	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Não

2.10 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NA APOSTILA DO COLÉGIO NOBEL, SD.

Há pouco tempo se compreendeu que os genes, responsáveis pela hereditariedade, são pedaços de um ácido nucléico especial, o DNA. Até então muitos pesquisadores importantes acreditavam que os genes fossem proteínas, em parte porque os cromossomos, portadores dos genes, têm uma certa quantidade de proteína na sua composição. A história começa em 1927. Frederick Griffith, um

microbiologista interessado em desenvolver uma vacina contra a pneumonia, trabalhava em laboratório com pneumococos, bactérias causadoras dessa doença. Griffith sabia que havia duas formas de pneumococos: os capsulados, que como o nome indica, possuem uma cápsula gelatinosa ao seu redor, e os não-capsulados. Além dessa diferença de estrutura, o efeito desses pneumococos também é diferente: quando injetados em ratos, os pneumococos capsulados causam pneumonia e, finalmente, a morte. Os não-capsulados, ao contrário, não são nocivos. Tanto a presença ou ausência de cápsula quanto a virulência são atributos genéticos, isto é, passam de geração em geração para os descendentes. Na tentativa de obter uma vacina, Griffith injetava pneumococos capsulados mortos em ratos. Numa das experiências, ele injetou uma mistura de pneumococos capsulados, mortos pelo calor, com pneumococos não-capsulados vivos.

Foi levantada a hipótese de que alguma substância havia passado das bactérias capsuladas mortas para as não-capsuladas vivas, modificando-as geneticamente. Para testar essa hipótese, essas experiências foram repetidas em meio de cultura, portanto fora do corpo de animais. Uma cultura de bactérias capsuladas foi morta por aquecimento; em seguida, foram pulverizadas, obtendo-se um extrato com todas as substâncias presentes naquelas bactérias. O extrato foi adicionado a uma cultura de bactérias não-capsuladas vivas; algum tempo depois, viu-se que algumas das bactérias apresentavam cápsulas! Além disso, quando se reproduziam, seus descendentes tinham cápsula e eram capazes de provocar a doença, se injetado em ratos. Parecia claro que alguma substância presente na extrato havia transformado geneticamente algumas das bactérias, que assim adquiriram não somente cápsula, como também virulência. Avery, MacLeod e McCarthy, em 1944, publicaram seus resultados: haviam conseguido isolar do extrato a substância que era capaz de transformar geneticamente as bactérias não-capsuladas em capsuladas; essa substância foi identificada com sendo o DNA (ácido desoxirribonucléico).

Provou-se, assim, que o material genético era, realmente, um ácido nucléico, e não uma proteína, como se acreditava até então. Na década de 50, dois pesquisadores, Watson e Crick, propuseram um modelo da estrutura da molécula de DNA, em forma de dupla-hélice. A compreensão da estrutura do DNA permitiu, na realidade, que se compreendessem várias das propriedades dos genes e impulsionou com muita força todas as pesquisas sobre genética molecular (COLÉGIO NOBEL ,sd, p. 13 - 14).

Pela narrativa da história do problema da transformação bacteriana abordada na apostila, no início é apresentado os genes como fragmentos de DNA, responsáveis pela hereditariedade. O texto mostra uma realidade a qual os pesquisadores da época acreditavam, quando relata:

Até então muitos pesquisadores importantes acreditavam que os genes fossem proteínas, em parte porque os cromossomos,

portadores dos genes, têm uma certa quantidade de proteína na sua composição.

Na continuidade, observamos que a apostila faz a apresentação geral da história, apreciando o trabalho de Griffith a respeito da transformação das bactérias. No entanto, não mostra um assunto importante que era questionamento na época, o qual relacionado com a variação das bactérias estava à possibilidade de mutação entre as espécies.

O texto citado a seguir, mostra que após a pressuposição de que alguma substância teria passado das bactérias capsuladas mortas para as não - capsuladas vivas causando a modificação, o experimento também foi repetido por meio de outro procedimento.

Foi levantada a hipótese de que alguma substância havia passado das bactérias capsuladas mortas para as não-capsuladas vivas, modificando-as geneticamente. Para testar essa hipótese, essas experiências foram repetidas em meio de cultura, portanto fora do corpo de animais.

Percebe-se que o autor não considera as idéias lamarckistas de Griffith, mas descreve, por meio da citação acima, uma possível explicação para a transformação. A seguir, a história narrada demonstra uma insuficiência na habilidade de Griffith ao identificar a substância transformadora. "Parecia claro que alguma substância presente no extrato havia transformado geneticamente algumas das bactérias, que assim adquiriram não somente cápsula, como também virulência" (COLÉGIO NOBEL, sd, p. 13).

Subseqüentemente, surge Avery e seus colaboradores já publicando seus resultados. A capacidade de Avery foi tamanha que não necessitou esclarecer a contribuição dos estudos enzimáticos e nem a teoria dos polímeros, que beneficiou Avery no processo de sua conclusão que o princípio transformante era o DNA.

Avery, MacLeod e McCarthy, em 1944, publicaram seus resultados: haviam conseguido isolar do extrato a substância que era capaz de transformar geneticamente as bactérias não-capsuladas em capsuladas; essa substância foi identificada com sendo o DNA (ácido desoxirribonucléico).

Provou-se, assim, que o material genético era, realmente, um ácido nucléico, e não uma proteína, como se acreditava até então.

A narrativa histórica contida na apostila não difere muito quanto à história apresentada nos livros didáticos, pois, privilegia a história cronológica e lexicográfica. Todavia, Mayr (1998, p. 16 - 17) assevera que este tipo de história organiza a seqüência de tempo, apresentando parte do contexto histórico com destaque em alguns questionamentos do tipo 'o que' e 'quando'. Respectivamente esses tipos de histórias correspondem à cronológica e lexicográfica.

A seguir, um quadro resumido apresentando os principais aspectos contemplados e analisados, a partir do texto da apostila do Colégio Nobel (sd):

	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição dos Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contempla a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Colégio Nobel Sd	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Não

QUADRO GERAL DOS PRINCIPAIS ASPECTOS CONTEMPLADOS E ANALISADOS EM TODOS OS MANUAIS DIDÁTICOS									
	Omissão dos Episódios			Mutação	Orientação Metodológica Lamarckista que Griffith trabalhava	Contribuição de Estudos Enzimáticos	Suporte da Teoria da Química – Polimeria disponível para Avery	Tipos de História de Mayr	Contemplan a História de Problemas
	Griffith - 1928	Alloway - 1933	Avery - 1944						
Amabis e Martho 1995	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Não
Mercadante, Brito, Almeida, Trebbi e Favaretto - 1999	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica	Não
Morandini e Bellinello 1999	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Lexográfica e Cronológica	Não
Amabis e Martho 2004	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Lexográfica e Cronológica	Consideram superficialmente
Silva Jr e Sasson 2005	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Consideram superficialmente
Favaretto e Mercadante 2005	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Não
Paulino 2005	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Cronológica incompleta	Não
Linhares e Gewandszajder 2005	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Lexográfica	Não
Lopes e Rosso 2005	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Não
Nobel Sd	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Lexográfica e Cronológica	Não

CAPÍTULO 3

Neste capítulo faremos uma apresentação, segundo o filósofo Thomas Kuhn (2005), de como se desenvolve a ciência enfocando sua concepção de que a assimilação das entidades científicas não ocorre de modo isolado, mas se dá por meio de contextos científicos mais amplos que as próprias entidades.

Diante do exposto nos capítulos anteriores, percebemos que há uma divergência entre as narrativas historiográficas do capítulo 1 e do capítulo 2. Para explicá-la, buscaremos apoio na Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn³⁵, o qual defende as narrativas que favorecem o contexto científico. Deste modo, veremos que a distinção entre os tipos de histórias encontradas nos capítulos 1 e 2 não é uma distinção entre uma história boa (do capítulo 1) e histórias ruins (do capítulo 2), mas sim que as histórias do capítulo 2 não privilegiam a concepção integrada das entidades científicas.

A partir de então, investigaremos como a estrutura narrativa de um livro didático poderia se tornar mais compreensiva a partir de uma abordagem que considere a história das realizações científicas levando em consideração o seu contexto.

Pudemos perceber que a história contada nos livros didáticos enfatiza a narrativa sobre os experimentos conduzidos pelos cientistas envolvidos com a questão da transformação bacteriana, e isto, em princípio não tem nada de inconveniente, uma vez que o experimento, em hipótese alguma, pode ser destituído de valor científico.

Porém, apesar das virtudes e da importância do experimento para a ciência, as narrativas, pelo menos no caso específico da transformação bacteriana, não explicam por que Griffith não conseguiu resolver o problema dessa transformação. Esta falta de explicação pode sugerir por sua vez: i) a incapacidade do cientista por não ter solucionado o problema em questão; ii) que Avery conseguiu resolver o problema apenas pelo fato de ter demonstrado uma maior habilidade no trabalho experimental.

³⁵ Thomas S. Kuhn em seu livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, não menciona a transformação bacteriana e nem a genética molecular, no entanto, seu livro traz exemplos da Física e Química que poderão ser aproveitados para o episódio da transformação bacteriana

Isto posto, não significa que as narrativas apresentadas nos livros didáticos não sejam boas narrativas. O problema é que estas, pelo menos em relação à transformação bacteriana, enfatizam apenas o experimento.

Justificamos nossa opção por Thomas Kuhn (2005), tendo em vista o fato de que este filósofo desenvolve uma perspectiva de análise que privilegia a investigação histórica dentro de contextos científicos amplos. Isto se torna claro quando Kuhn sugere que a compreensão de processos científicos que aparecem como isolados, tais como os experimentos de Griffith e de Avery, na verdade deveria ser conduzida de modo a nos levar a considerar tais processos (isolados) como partes de estruturas mais amplas. No caso desta estrutura, em relação ao problema da transformação bacteriana, deveriam se relacionar vários componentes do problema, ou seja, bactéria, DNA, experimento, teoria etc. E, para Kuhn (2005, p. 166), estes componentes são apreendidos pelos cientistas não 'item por item', mas em blocos.

Além dos livros didáticos considerarem os processos científicos isolados, os mesmos não integram o episódio da transformação bacteriana atrelada à hereditariedade, uma vez que, após o experimento ser legitimado, ele orientou as investigações posteriores acerca da estrutura química do DNA e a construção do modelo da dupla-hélice. Deste modo, a hereditariedade passa a ser um item dos livros didáticos desenvolvido a parte.

Segundo Kuhn, para se compreender a história de um episódio, deve-se compreender bactéria, DNA, experimento, teoria, ou seja, deve-se montar uma rede teórica ampla, estabelecendo relações para então dar sentido aos itens. Para Kuhn, as unidades isoladas são falsas unidades de conhecimento. Cada conceito não faz sentido sem os demais que fazem parte da rede teórica.

Os conteúdos não privilegiam o conhecimento do aluno quando estes se apresentam compartimentados, pois a compreensão do todo é mais funcional. Fornecer informações para o aluno sobre bactéria, depois DNA separadamente não é correto, de acordo com Kuhn temos que ensinar o contexto. Os estudantes devem aprender os termos em conjunto e não item a item (KUHN, 2005, p. 166).

Queremos deixar claro que os livros didáticos costumam apresentar história da ciência, porém a forma como as narrativas são desenvolvidas não estão em conformidade com as sugestões de Kuhn e como parece ser de fato a história,

quando retrocedemos ao capítulo 1 e analisamos a mesma segundo Robert Olby (1974) e os demais historiadores.

Alguns livros didáticos descrevem o episódio da transformação bacteriana enfatizando a questão da autonomia do experimento. Vimos por meio das histórias narradas no capítulo 2, que o problema da transformação bacteriana era tratado apenas a partir da história do experimento. Porém, este tipo de narrativa, com ênfase no experimento e não nas relações de conceitos, não se concilia com a forma de narrativa sugerida por Kuhn, quando recomenda que os componentes não são aprendidos item a item.

Disto não se segue que as narrativas apresentadas nos livros didáticos não sejam uma boa narrativa. O problema, como já mencionamos, é a inexistência de uma explicação acerca do desenvolvimento histórico de um experimento que não favorece o contexto científico.

Assim, não estamos afirmando que histórias tais como as dos livros didáticos são inferiores às histórias dos historiadores Olby (1974) e Mayr (1998), porém nossa opção é por narrativas que privilegiam o contexto científico, como orienta Kuhn (2005).

3.1 DESENVOLVIMENTO GERAL DE CIÊNCIA SEGUNDO THOMAS KUHN

Nossa intenção é obter elementos necessários para a explicação da História e Filosofia no ensino de Ciência, e para tanto, precisamos nos apoiar em alguma Filosofia da Ciência que valorize a inserção da História e nos leve à compreensão do desenvolvimento científico tal como o desenvolvimento da explicação da transformação bacteriana que se deu por Avery e seus colaboradores. Por isso a nossa opção apresentada pelo clássico de Thomas Kuhn (2005) apoiado em seu livro, *A Estrutura das Revoluções Científicas*.

A teoria da Ciência de Kuhn foi desenvolvida como uma tentativa de prover uma teoria mais coerente com a condição histórica tal como ele a via. Uma característica de sua teoria é a ênfase dada ao caráter revolucionário do progresso científico, em que uma revolução dá a entender o abandono de uma estrutura teórica e sua substituição por outra, incompatível.

Para Kuhn, a história de como progride a ciência se dá por ciclos obedecendo a seguinte ordem: pré-ciência, ciência normal³⁶, paradigma, crise³⁷ e revolução.

Kuhn (2005) explica que a pré-ciência é um período de atividade desorganizada onde não existe consenso da comunidade científica. Assim, quando os cientistas não estão comprometidos com as mesmas regras e padrões para a prática científica, existirá desacordo sobre pontos fundamentais. Na pré-ciência, embora os cientistas realizem suas pesquisas, e façam ciência, "o resultado líquido de suas atividades foi algo menos que ciência" (KUHN, 2005, p. 33). O autor ainda assevera que "esse comprometimento e o consenso aparente que produz são pré-requisitos para a ciência normal, isto é, para a gênese e a continuação de uma tradição de pesquisa determinada" (KUHN, 2005, p. 30). E ainda esclarece que "a história sugere que a estrada para um consenso estável na pesquisa é extraordinariamente árdua" (KUHN, 2005, p. 35).

Como exemplo sobre a falta de consenso entre a comunidade científica e em nosso caso, o desenvolvimento da explicação da transformação bacteriana, podemos citar a questão da falta de concordância sobre pontos fundamentais entre Griffith e Avery no que diz respeito à mutação entre as bactérias.

Não existia entre os cientistas, segundo a história descrita no capítulo 1, a possibilidade das mesmas sofrerem mutação. Todavia, em 1928 Griffith elabora uma teoria de que a transformação é acompanhada pela mutação entre as espécies: "a concepção de uma 'cultura pura' de uma bactéria como um número de indivíduos absolutamente idênticos não é mais sustentável" (OLBY, 1974, p. 173).

No entanto, Avery considerava o assunto sobre mutação e afirmava que os pneumococos eram imutáveis. Identificamos esta colocação quando Avery estabeleceu terminantemente que a transformação dos tipos de pneumococos era invariável (OLBY, 1974, p. 174). Griffith e Avery trabalharam seriamente na questão da transformação bacteriana, porém, cada um dirigiu suas pesquisas a seu modo, não seguindo um método e, assim, não existia acordo metodológico entre eles.

Neste ponto podemos perceber dois eventos importantes com relação à falta de consenso entre Griffith e Avery. Notamos primeiramente que as

³⁶ Em nosso trabalho tratamos ciência normal identicamente à ciência madura.

³⁷ Nem sempre após uma crise, ocorre uma revolução, uma vez que a ciência normal acaba revelando-se capaz de tratar do problema que a provocou (KUHN, 2005, p. 115).

teorias entre esses dois pesquisadores eram diferentes e em segundo plano, o próprio Avery chegou a recusar e a desconfiar que o experimento de Griffith pudesse estar errado (OLBY, 1974, p. 179). Deste modo, analisando a segunda colocação, quanto ao fato de Avery não aceitar e desconfiar que o experimento de Griffith pudesse conter falhas, nos conduz a argumentar que quando um cientista acredita em uma determinada teoria, pelo menos a princípio, ele se recusa a aceitar algo novo que lhe é apresentado por meio de experimentações.

Durante o desdobramento da explicação do problema da transformação bacteriana, percebemos outra passagem importante no que diz respeito aos resultados de Avery. Após a divulgação dos resultados de seus experimentos, imediatamente a comunidade científica se recusa à aceita-lo, pois faltava um paradigma para assimilá-lo, ou seja, Avery tinha a desvantagem de não desenvolver suas pesquisas dentro de um paradigma.

Por esses motivos, Kuhn (2005) considera a pré-ciência como uma atividade desordenada pois, não se consegue localizar corretamente os resultados da pesquisa dentro de um paradigma, tal como o de Griffith em 1928 e o de Avery em 1944.

Somente em 1953 é que se conseguiu assimilar a importância dos resultados de Avery para a hereditariedade, uma vez que os resultados foram inseridos dentro de um paradigma, o da genética molecular, passando a ter valor real. Portanto, a pré-ciência precede a formação da Ciência que se torna estruturada e governada quando a comunidade científica se atém a um único paradigma.

O segundo estágio da história de uma ciência é denominado por Kuhn de ciência normal. E de acordo com o autor, na ciência normal existe o consenso entre as comunidades científicas. Os que trabalham dentro de um paradigma, praticam aquilo que Kuhn (2005) chama de ciência normal. Então, durante o período da ciência normal, os cientistas fazem suas pesquisas orientadas pelo paradigma aceito. "A ciência normal não tem como objetivo trazer à tona novas espécies de fenômeno; na verdade, aqueles que não se ajustam aos limites do paradigma frequentemente nem são vistos" (KUHN, 2005, p. 44 - 45).

Uma Ciência em estágio normal ou madura é dirigida somente por um único paradigma. A vantagem de um paradigma é que ele coordena e dirige as pesquisas. Para Kuhn, "Ciência normal significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas" (2005, p. 29).

A Ciência em estágio normal apresenta uma estabilidade de certos princípios, ou seja, em um período em que não se colocam em jogo algumas convicções, como as teorias que estão se desenvolvendo satisfatoriamente. Um exemplo é o da genética molecular que atualmente está sendo aceita para a resolução de muitos problemas relacionados à hereditariedade. Portanto, se a genética molecular está funcionando o suficiente, não há motivo, segundo Kuhn (2005), para os pesquisadores buscarem novos preceitos, ou seja, mudar o que está sendo aceito, a não ser que haja um substituto melhor.

De modo geral, de acordo com Kuhn, os cientistas desenvolverão o paradigma na tentativa de esclarecer e ajustar o comportamento de alguns aspectos relevantes acerca de novas pesquisas que serão feitas em seu interior. Ao fazê-lo, experimentarão dificuldades e encontrarão falsificações aparentes. Se as dificuldades fugirem ao controle, um estado de crise se manifestará.

A gravidade de uma crise se aprofunda quando surge um paradigma concorrente, que será diferente do antigo e incompatível com ele. Porém, uma crise é resolvida quando surge outro paradigma, inteiramente novo, que atrai a adesão crescente de cientistas até que eventualmente o paradigma original e precário é abandonado.

Problemas que resistem a uma solução são vistos mais como anomalias³⁸ do que como falsificações do paradigma, embora Kuhn (2005) reconheça que todos os paradigmas conterão algumas anomalias. Quando estas passam a apresentar problemas sérios para um paradigma, um período de acentuada insegurança profissional se inicia. Os cientistas divulgam abertamente sua insatisfação e perturbação com o paradigma reinante, então, uma vez que um paradigma tenha sido enfraquecido seus proponentes perdem a confiança nele, chegando então o tempo da revolução.

Uma revolução científica corresponde à renúncia de um paradigma e a adoção de um novo, não por um único cientista, mas pela comunidade científica relevante. À medida que um maior número de cientistas individuais, por uma série de motivos, é convertido ao novo paradigma, passa a existir um deslocamento crescente de outros membros dessa comunidade científica.

³⁸ Em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Kuhn (2005, p. 83 - 84) define anomalia como um fenômeno para o qual o paradigma não prepara o investigador..

Kuhn (2005, p. 125) explica que "consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior".

As revoluções científicas iniciam-se com um anseio crescente de uma subdivisão da comunidade científica, de que o paradigma vigente deixou de funcionar satisfatoriamente na exploração de aspectos de suas pesquisas, cuja exploração fora anteriormente conduzida pelo paradigma. Este sentimento de insatisfação poderá levar à crise ou se manifestar como um pré-requisito para a revolução.

Um novo paradigma aparentemente sem dificuldades, tomará o lugar do antigo e norteará a nova atividade científica até que encontrem problemas sérios e o resultado poderá resultar em uma outra revolução.

Durante as revoluções, os cientistas utilizam instrumentos que lhes são familiares e olham para os mesmos pontos já examinados anteriormente e vêem coisas novas e diferentes. Assim, após uma revolução, os cientistas reagem a um mundo diferente.

3.2 RELAÇÕES ENTRE CONCEITOS

Nesta seção veremos como a noção de paradigma é importante para situarmos o que, a princípio, se julga como isolado. Deste modo veremos a importância de situarmos experimentos, como o de Avery, em unidades mais amplas, tais como paradigmas.

Cada paradigma verá o mundo como sendo composto de diferentes tipos de coisas. Após o cientista ver o mundo de uma forma diferente, o mundo de suas pesquisas parecerá ser ilimitado. A literatura revela exemplos, onde se percebe que algo semelhante a um paradigma seja um pré-requisito para a própria percepção.

Kuhn (2005, p. 150) afirma:

O que um homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver. Na ausência de tal treino, somente pode haver o que William James chamou de "confusão atordoante e intensa".

Embora muitos cientistas experimentem alterações de percepção e essas experiências sejam sugestivas e apresentem características que poderiam ser centrais para o desenvolvimento científico, eles não podem ir além disso, pois, não demonstra que a observação cuidadosa e controlada realizada pelo cientista partilhe de algum modo dessas características. "Contudo, com a observação científica, a situação inverte-se. O cientista não pode apelar para algo que esteja aquém ou além do que ele vê com seus olhos e instrumentos" (KUHN 2005, p. 151).

Por isso, nas ciências, se as modificações perceptivas seguem as mudanças de paradigma, não podemos esperar que os cientistas confirmem essas mudanças. Os exemplos a seguir ilustram tal situação, pois ao olhar a lua, "o convertido ao copernicismo não diz costumava ver um planeta, mas agora vejo um satélite" (KUHN, 2005, p. 151). No entanto, um convertido à nova astronomia diz: "antes eu acreditava que a Lua fosse um planeta ou via a Lua como um planeta, mas estava enganado" (Ibid, p. 151). Devem-se procurar provas indiretas e comportamentais de que um cientista, com um novo paradigma, vê de maneira distinta do que via antes.

A química de Priestley afirma que o mundo continha uma substância chamada flogisto, que era removido durante a combustão, na oxidação e respiração. O novo paradigma inaugurado por Lavoisier implica que o gás oxigênio era absorvido durante estes processos. Lavoisier fornecia uma explicação bastante diferente daquela que era dada pela teoria do flogisto.

É comum se acreditar na existência de entidades isoladas tais como DNA, experimento, oxigênio e tantas outras. Estas entidades figuram nas teorias científicas e nos livros didáticos na maioria das vezes enfatizando somente a entidade, omitindo as suas relações e as redes teóricas mais extensas que são os paradigmas. E para Kuhn (2005), quando estas entidades são assimiladas dentro de redes teóricas mais amplas, elas se tornam mais compreensíveis.

Vamos retornar ao exemplo da descoberta do oxigênio. Quem descobriu primeiro o oxigênio? Quando foi esta descoberta? Para alguns foi Priestley, para outros Lavoisier. Esta discussão é interessante, pois, de acordo com Kuhn, ela pressupõe que descobrir alguma coisa é um processo único, isolado. Mas o que foi esta descoberta?

Sobre as descobertas, Kuhn (2005, p. 78), argumenta que:

[...] as descobertas não são eventos isolados, mas episódios prolongados, dotados de uma estrutura que reaparece regularmente. A descoberta começa com a consciência da anomalia, isto é, com o reconhecimento de que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas que governavam a ciência normal. Segue-se então uma exploração mais ou menos ampla da área onde ocorreu a anomalia. Esse trabalho somente se encerra quando a teoria do paradigma for ajustada, de tal forma que o anômalo se tenha convertido no esperado. A assimilação de um novo tipo de fato exige mais do que um ajustamento aditivo da teoria. Até que tal ajustamento tenha sido completado - até que o cientista tenha aprendido a ver a natureza de um modo diferente o novo fato não será considerado completamente científico.

Kuhn ainda assegura que "as novidades fatuais e teóricas estão entrelaçadas na descoberta científica" (2005, p. 78).

A descoberta do oxigênio foi muitas vezes objeto de discussão quanto a seu autor. Faremos agora, segundo Kuhn (2005, p. 80 - 83), uma breve apresentação deste fato.

A pretensão de Priestley à descoberta do oxigênio baseia-se no fato de ele ter sido o primeiro a isolar esse gás, que não era puro e que mais tarde foi reconhecido como um elemento distinto. Em 1775, Priestley identificou um tipo de gás que ele denominou de gás com o ar desflogistizado.

Tal gás ainda não era o oxigênio e nem mesmo uma espécie de gás previsto pelos químicos ligados à teoria do flogisto. Lavoisier, no entanto, tendo ou não descoberto o oxigênio, conseguiu assimilá-lo no interior de uma nova rede conceitual, algo que Priestley não conseguiu fazer. Nesse caso, Kuhn reforça que, não interessa tanto o descobridor, mas sim àquele que assimila corretamente a descoberta a uma rede conceitual mais coerente, como veremos a seguir.

Em sua obra Kuhn (2005) faz uma ilustração da história da química, quando Lavoisier viu oxigênio onde Priestley viu ar desflogistizado e outros não viram definitivamente nada.

Priestley trabalhava no interior de um paradigma, o paradigma do flogisto, afirmando que o mundo continha uma substância chamada flogisto, que era removido durante a combustão, na oxidação e na respiração. A teoria do flogisto fornecia uma estrutura bastante ampla para explicar muitos fenômenos.

Trabalhando no interior desse paradigma, Priestley obteve o elemento que hoje denominamos de 'oxigênio'. Entretanto, considerando seu

paradigma, Priestley não compreendeu que o oxigênio era fundamental para explicar a combustão, pois para ele, a combustão seria ainda explicada pelo flogisto.

Embora a teoria do flogisto dominava a discussão química da época, Lavoisier se afastou de tal teoria, uma vez que não estava comprometido com este paradigma e por isso estava livre para tentar compreender a função do oxigênio. Para Lavoisier, este elemento seria fundamental na explicação da combustão e, mais do que isso, o conceito 'flogisto' era desnecessário, podendo ser eliminado da química (KUHN, 2005, p. 155 - 156).

Porém, ao aprender a ver o oxigênio, Lavoisier teve também que alterar sua concepção a respeito de muitas outras substâncias. Lavoisier teve que ver, por exemplo, três tipos de substâncias, o ar, os óxidos e metais e estabelecer relações entre elas.

Em seus experimentos, Lavoisier pode perceber que os óxidos de cálcio efervescentes produzem ar e que durante a combustão do fósforo e do enxofre estas substâncias ganham peso assim como os metais também o fazem quando oxidam.

Devido a descoberta do oxigênio, Lavoisier passou não somente a ver a natureza de um modo diferente, mas a trabalhar em um mundo diferente. No entanto, necessitamos realmente descrever como uma transformação de visão aquilo que separa Lavoisier de Priestley? "Esses homens realmente viram coisas diferentes ao olhar para o mesmo tipo de objeto?" (KUHN, 2005, p. 158).

Cientistas com paradigmas diferentes empenham-se em realizações diferentes. As operações relevantes para a elucidação das propriedades do oxigênio não são precisamente as mesmas que as requeridas na investigação das características do ar desflogistizado.

Podemos então concluir que além de Lavoisier ver o oxigênio ao invés de ar desflogistizado, teve também que interpretar e organizar uma rede de relações entre muitas outras substâncias. E isso é de extrema importância para o desenvolvimento científico, pois, para Kuhn (2005) não é unicamente importante o que se vê, mas como se assimila o que se vê a uma rede teórica mais ampla. Assim, resultará em uma explicação plausível, relacionada a uma rede teórica completa e não a unidades isoladas. Para Kuhn, as interpretações devem ocorrer no interior de um paradigma. Por isso que os paradigmas são importantes.

Com relação aos feitos descritos, muitos dirão que o que muda com o paradigma são apenas as interpretações dadas pelos cientistas às suas observações que estão fixadas pela natureza do ambiente e pelo aparato perceptivo. Dentro desta visão, tanto Priestley como Lavoisier viram oxigênio, mas interpretaram suas observações de um modo diferente. Para Kuhn (2005, p. 158), esta concepção "não pode ser nem totalmente errônea, nem ser um simples engano".

Mas cada uma dessas interpretações, que desempenharam um papel central, implicou em um paradigma. Dado um paradigma, a interpretação dos dados em estudo é essencial ao empreendimento que se explora. Tais interpretações fazem parte da ciência normal, a qual visa apurar, expandir e articular um paradigma já existente. A vantagem de trabalhar no interior de um paradigma é que ele concentra a pesquisa.

Quando não há um paradigma a ser seguido, os pesquisadores acumulam grande quantidade de diferentes dados, ficando ocupados demais em dar um sentido à desordem e em derrotar as teorias adversárias para avançar de forma consistente. Destacamos aqui, que a ciência normal pode levar ao reconhecimento de anomalias e crises, mas não podem corrigir paradigmas.

Uma vez disponível para alguns químicos o conceito de oxigênio, a interpretação desempenhou um papel central para Lavoisier, que soube organizá-lo dentro de um paradigma, pois uma vez o paradigma aceito, o cientista sabe que instrumentos podem ser utilizados para estabelecê-lo e que conceitos eram relevantes para sua interpretação (KUHN, 2005, p. 160). Quando foi estabelecida a teoria do oxigênio de Lavoisier, que passou a fornecer uma explicação bastante diferente daquela que era dada pela teoria do flogisto, a maioria dos químicos se deslocou para a teoria do oxigênio.

Mas quem descobriu o oxigênio? Para Kuhn esta questão não é relevante. Priestley denominou o oxigênio de 'ar sem flogístico'. Lavoisier o denominou de 'oxigênio'.

Então, fica a impressão que Priestley enxergou uma coisa e Lavoisier outra, e cada um deles interpretou de um modo a evidência empírica.

A maneira pela qual um cientista vê, interpreta e organiza um aspecto específico do mundo será orientada pelo paradigma em que está trabalhando.

Porém Kuhn (2005) chama a atenção para o fato de que os cientistas nunca enxergaram o mundo item por item, eles buscam compreender entidades individuais a partir de redes teóricas mais amplas.

Para Kuhn, é irrelevante saber o que cada um interpretou quando viu uma amostra de certo gás. O que importa é como eles assimilaram tal amostra à rede conceitual mais ampla que cada um seguia.

Considerando o exemplo do oxigênio, não queremos sugerir que o oxigênio seja a única coisa que um cientista poderá ver, porém, Kuhn sugere que o cientista quando olha para o oxigênio não pode ter nenhuma experiência que seja, em princípio, mais elementar que a visão do oxigênio.

A alternativa não é uma precária visão fixa, mas a visão através de um paradigma que modifica o oxigênio em alguma outra coisa. Kuhn (2005, p. 166) afirma que "tudo isso parecerá mais razoável se recordarmos mais uma vez que, nem o cientista, nem o leigo aprendem a ver o mundo gradualmente item por item".

Retomando agora, o problema do episódio da transformação bacteriana, destacamos que na época de Avery não se havia estabelecido o paradigma da genética molecular. Considerando esse fato, os resultados dos experimentos de Avery não estavam fundamentados e não pelo fato dos experimentos não estarem, mas por falta de concentrar suas investigação dentro de um paradigma.

As pesquisas e os resultados do experimento de Avery foram importantes para a comunidade científica. O trabalho de Avery foi extraordinário e contribuiu enormemente para o desenvolvimento da ciência. No entanto, os resultados de suas pesquisas não foram assimilados em uma rede teórica mais ampla, era apenas um item quando comparado ao programa da genética molecular.

Por meio dos relatos historiográficos já desenvolvidos neste trabalho fica evidenciado que os cientistas argüiram os resultados de Avery, uma vez que suas pesquisas não foram orientadas por um paradigma. A princípio, eles foram rejeitados pela comunidade científica.

Muitos questionamentos só foram respondidos e realmente aplicados em 1953 com o modelo conceitual da dupla-hélice de James Watson e Francis Crick.

Somente nesta época é que foi possível mensurar o que Avery fez, porém, sem um paradigma, este muito foi pouco. Por isso, quando os livros didáticos

mencionam Avery, é necessário localizá-lo dentro de um paradigma, o paradigma da genética molecular e não isoladamente.

Kuhn chama a atenção para o fato de que os cientistas não olham para entidades isoladas, como o DNA, mas no interior de uma rede teórica mais ampla.

Deste modo, Kuhn afirma que "tudo isso parecerá mais razoável se recordarmos mais uma vez que, nem o cientista, nem o leigo aprendem a ver o mundo gradualmente item por item" (KUHN 2005, p. 166).

Veremos no capítulo seguinte que os livros didáticos não conseguem relacionar, de modo adequado, a transformação bacteriana com a genética molecular.

Assim, compreender um episódio da história da ciência é compreender a localização deste episódio em alguma rede conceitual mais ampla. No caso de Avery, a princípio não existe tal rede. Por isso seu experimento, por si só, nem deveria ser narrado nos livros didáticos. Contudo, quando a dupla-hélice do DNA foi descoberta, o experimento de Avery adquiriu importância histórica. Neste caso, os livros didáticos deveriam narrá-lo fazendo a relação com a genética molecular e não apresentando como uma leitura complementar, um quadro informativo, ou ainda, fazendo raras nomeações a cientistas da época.

CAPÍTULO 4

Dando seqüência à nossa pesquisa, neste capítulo analisaremos se existe nos livros didáticos uma concepção linear considerando a relação do episódio da transformação bacteriana atrelada à hereditariedade. Faremos uma análise a partir da História e Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn.

No entanto, existe a necessidade de definirmos como linearidade a seqüência da história que pode ser entendida desde sua origem até os dias atuais, seguindo uma linha reta de pensamento, como por exemplo, alguns autores o fazem, iniciando nos experimentos de Griffith quanto ao fato da transformação bacteriana, passando pela explicação de Avery quanto ao agente da transformação bacteriana, chegando até a molécula de DNA na forma de dupla-hélice de Watson e Crick, caracterizando assim um modo 'evolutivo' da história da ciência.

De acordo com Kuhn (2005, p. 20 - 21), alguns historiadores deparam com dificuldades no exercício de suas funções, quando essas partem do conceito de desenvolvimento por acumulação. Kuhn assegura que a pesquisa histórica com base nesse conceito torna mais difícil a apreensão do assunto estudado e que talvez a Ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais. De acordo com Kuhn o conhecimento científico não cresce de modo cumulativo e contínuo, ao contrário, esse crescimento é descontínuo e dá-se por avanços qualitativos.

A análise de conhecimentos preexistentes pode nos conduzir a uma idéia de linearidade, desde que esta análise seja pautada pela idéia de que necessariamente o conhecimento que se quer analisar historicamente é fruto de uma evolução gradual e sem rupturas dos conhecimentos anteriores. Quanto a isso, Kuhn (2005, p. 178) afirma que existe "uma tendência persistente a fazer com que a história da ciência pareça linear e cumulativa, tendência que chega a afetar mesmo os cientistas que examinam retrospectivamente suas próprias pesquisas". Essa idéia não deve prevalecer. Esse é o entendimento de Kuhn (2005, p. 178), fazer com que a ciência não pareça linear e cumulativa.

Muitas pessoas, cientistas ou não, confiam que a maneira ideal, segundo a qual a ciência deve transformar-se é pelo progresso gradativo, ou seja, cada nova teoria vai-se aperfeiçoando da antiga até chegar à verdade. Essa forma de evolução da ciência é considerada linear e Kuhn (2005) rejeita essa forma

evolutiva da ciência. Para ele, muitos dos problemas das teorias antigas e atuais são características exclusivas de cada uma, pois os conceitos envolvidos em cada uma delas geralmente têm significados totalmente distintos. Nessa direção, existe uma grande disparidade entre as duas teorias: as duas são diferentes, ou seja, possuem problemas diferentes.

Portanto, Kuhn (2005) não aceita a idéia de evolução linear³⁹ e sim da revolução científica pelo fato de haver essa disparidade. Assim, a evolução das teorias da Ciência, de acordo com Kuhn, não ocorre de forma linear, como geralmente é apresentado nos livros didáticos, mas sim por momentos de rupturas nos contextos científicos.

Grande parte dos livros de Ciência apresenta a evolução científica de forma contínua ou cumulativa, dando a entender que os fatos históricos ocorridos num determinado desenvolvimento científico aconteceram com alguns cientistas que foram acumulando uma a uma suas descobertas a fim de que o problema fosse resolvido.

Dessa forma, tem-se a impressão de que os cientistas de épocas anteriores trabalhavam com os mesmos problemas e utilizaram as mesmas metodologias, fazendo com que a ciência pareça cumulativa. Em virtude disso, nos livros didáticos abordados sobre as Ciências, o leitor encontra sérias dificuldades na compreensão do conteúdo programático, nos conceitos e nas definições de fatos históricos. Portanto, essa história, segundo Kuhn, é apresentada de uma maneira errônea.

A ciência nas palavras de Kuhn (2005, p. 180), chama a atenção a respeito da linearidade no desenvolvimento científico, ou seja, ela não é como o que ocorre "num processo frequentemente comparado à adição de tijolos a uma construção, os cientistas juntaram um a um os fatos, conceitos, leis ou teorias ao caudal de informações proporcionado pelo manual científico contemporâneo". Não é dessa maneira que uma ciência se desenvolve, porque em cada geração os cientistas trabalham com os problemas da sua época, utilizando os instrumentos disponíveis para tentar dar uma solução às dificuldades encontradas.

Desta forma, retornando ao problema da explicação da transformação bacteriana, os livros didáticos narram tal episódio como se ele

³⁹ Em nosso trabalho 'evolução linear', 'contínua' e 'linearidade' têm o mesmo significado

começasse com Griffith e, semelhante a uma adição de fatos, conceitos, leis ou teorias, terminasse em Avery.

O fato da necessidade de existir uma explicação para o contexto científico não é apenas um capricho filosófico, pois, ao voltar nossos olhos para a história narrada no capítulo 1, torna-se evidente que Avery tinha a sua disposição uma teoria da Química e estudos enzimáticos mais avançados, não disponíveis para Griffith, o que sem dúvida, favoreceu a conclusão de seus experimentos.

Avery não adicionou um a um os fatos e conceitos já existentes, mas utilizou-se de instrumentos e métodos de sua época, os quais não estavam disponíveis a Griffith, para tentar solucionar o problema.

Outro fato que mereceu nossa consideração, é que os livros didáticos não relacionam o problema da transformação bacteriana com o problema para o qual a dupla-hélice do DNA viria a representar um início de solução: o problema da transmissão da informação genética. Mesmo porque, de acordo com historiadores como Robert Olby (1974), a história da transformação bacteriana seria mais proveitosa se estivesse relacionada ao problema da elucidação do papel do DNA para a genética. Desta forma, é relevante mencionar que as narrativas históricas dos livros não relacionam a importância da transformação bacteriana para o problema da transmissão da informação genética.

Deste modo, vincular o problema da transformação bacteriana ao problema da transmissão da informação genética não é vincular a transformação bacteriana ao DNA. Pois, no que diz respeito ao programa de pesquisa em genética molecular, o DNA é apenas uma entidade entre tantas outras necessárias para a explicação de vários fenômenos ligados que são tratados pelo programa.

Silva (2007)⁴⁰ explica que não podemos tratar o papel do DNA para a genética, como uma unidade única de conhecimento, mas devemos ligá-la a um programa de pesquisa para salientar a explicação da informação genética que não depende apenas do próprio DNA, mas das funções associadas ao RNA para a formação de proteínas.

Os livros didáticos de Ciência não apresentam uma concepção de que eventos tais como a descoberta da molécula do DNA são o que defende Kuhn

⁴⁰ O trabalho citado é fruto de pesquisa em diversas fontes historiográficas (e não históricas), as quais estão disponíveis no próprio trabalho.

(2005), parte do programa de pesquisa muito mais amplo que o próprio evento da descoberta do DNA.

Reforçamos em dizer que processos nos quais as descobertas acerca de entidades, como, por exemplo, a do DNA, são assimiladas como parte de um programa de investigação e não deve ser apresentada como uma unidade isolada de conhecimento.

Silva (2007) não adota a idéia de que as descobertas científicas só ocorrem no interior de um programa de pesquisa, ou mesmo que as descobertas somente teriam relevância dentro destes programas. Contudo, sugere que sua assimilação ocorre de modo mais contundente quando de sua inserção nestes amplos programas de pesquisas. Sendo assim, a importância de entidades como a dupla-hélice do DNA é obtida não por seus méritos intrínsecos, mas como consequência de sua assimilação num contexto científica mais amplo, a partir de sua relação com outras entidades.

Ainda relacionado à transformação bacteriana, destacamos que histórias apresentadas nos livros didáticos, talvez não contribuam para o entendimento do assunto, uma vez que podem servir apenas como ilustração da história. A respeito disso, Kuhn (2005, p. 177) esclarece:

É característica dos manuais científicos conterem apenas um pouco de história, seja um capítulo introdutório, seja como acontece mais frequentemente, em referências dispersas aos grandes heróis de uma época anterior. Através dessas referências, tanto os estudantes como os profissionais sentem-se participando de uma longa tradição histórica. Contudo, a tradição derivada dos manuais, da qual os cientistas sentem-se participantes, jamais existiu.

Os livros didáticos, segundo Kuhn (2005, p. 177), apresentam apenas trechos da história na introdução do capítulo ou fazem esparsas referências a heróis da ciência. No entanto, mais importante do que isso, é constatarmos se as histórias estão sendo apresentadas de maneira linear ou descontínua, e de modo a privilegiar acontecimentos históricos, sem referência a contextos mais amplos que favoreçam a sua compreensão.

A seguir serão reapresentadas as narrativas históricas descritas no capítulo 2 e analisadas sob o enfoque de concepção linear e da localização dos episódios em contextos mais amplos.

4.1 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO - 1995

Até os anos 40, os ácidos nucléicos não despertaram maiores interesses dos cientistas; apenas uns poucos pesquisadores continuaram se preocupando em desvendar sua estrutura molecular. Este quadro, no entanto, mudou drasticamente na segunda metade daquela década, quando surgiram as primeiras evidências de que o DNA era o material hereditário dos seres vivos; um grande número de cientistas passa, então, a estudar essa substância com o objetivo de desvendar sua estrutura molecular e entender, assim, como são determinadas as características dos seres vivos.

Em 1944, as experiências de Avery, MacLeod e McCarty revelaram, finalmente, que o DNA era nada menos que a substância responsável pela hereditariedade. É claro que esta conclusão tornou-se ampla apenas mais tarde; os trabalhos desses cientistas, no entanto, demonstraram que, ao menos para as bactérias usadas nos experimentos, era o DNA o responsável pelo fenômeno da transformação bacteriana.

O fenômeno, da transformação bacteriana foi descoberto por Fred Griffith em 1928. Este pesquisador, ao estudar as bactérias que causam a pneumonia em ratos (pneumococos ou *Diplococcus pneumoniae*), descobriu que elas podem apresentar-se sob duas formas: algumas têm uma cápsula gelatinosa envolvente, enquanto outras não a possuem. Esta característica dos pneumococos é hereditária, isto é, uma bactéria com cápsula, ao se reproduzir, origina bactérias-filhas capsuladas, enquanto uma bactéria sem cápsula só produz bactérias sem cápsula. Pode-se deduzir que nos pneumococos existe um gene que determina a produção da cápsula e que, nas bactérias sem cápsula, este gene está ausente ou em uma forma inativa; daí elas não terem a capacidade de produzir a cápsula. Griffith verificou que as bactérias com cápsula, quando injetadas em rato, causavam pneumonia e que as bactérias sem cápsula não causavam a moléstia. Entretanto, se as bactérias capsuladas fossem, antes de serem injetadas, mortas pela ação do calor, elas não causavam pneumonia.

Da experiência pode-se fazer um resumo com os seguintes fatos:

- bactérias com cápsula vivas causavam pneumonia em ratos;
- bactérias sem cápsula vivas não causam pneumonia em ratos;
- bactérias com cápsula mortas não causavam pneumonia em ratos.

Griffith injetou em ratos uma mistura de bactérias com cápsula, mortas pela ação do calor, e bactérias vivas sem cápsula. Os ratos morreram e em seu interior foram encontradas bactérias vivas com cápsula. A experiência foi repetida varias vezes, e o resultado obtido foi sempre o mesmo. Concluiu-se que as bactérias mortas capsuladas liberavam alguma substância, que era captada pelas bactérias sem cápsula e determinavam, nestas últimas, o aparecimento da cápsula e a capacidade de causar pneumonia. As bactérias que surgem da reprodução de uma bactéria transformada são também capsuladas e causam igualmente a pneumonia em ratos. A característica adquirida com a transformação é, portanto, hereditária.

Alguns anos mais tarde conseguiram-se cultivar pneumococos in vitro, pela preparação de meios de cultura (soluções de nutrientes) nos quais as bactérias podem viver e se reproduzir. Em seguida, foi conseguida a transformação bacteriana in vitro. Prepararam-se duas culturas de bactérias: uma, de bactérias capsuladas e outra, de bactérias sem cápsula. As bactérias capsuladas são mortas pela ação do calor, em seguida maceradas, e o extrato obtido (isento de células bacterianas) é colocado na cultura de bactérias sem cápsula. Após algum tempo aparecem, nessas culturas, bactérias capsuladas; ocorreu, portanto, transformação bacteriana. A transformação in vitro foi obtida no laboratório do pesquisador Avery onde ele e seus colaboradores procuravam entender o mecanismo pelo qual este fenômeno ocorria. Diversos resultados levaram à conclusão de que alguma substância presente no extrato de bactérias era captada pelas bactérias sem cápsula, que, então, adquiriam a capacidade de produzir cápsula. Esta substância, que passa do extrato para as bactérias sem cápsula, deve ter a informação de como produzir a cápsula, ou seja, deve ser o gene para cápsula. Esta hipótese é corroborada pelo fato da bactéria transformada transmitir esta característica a seus descendentes. Os cientistas Avery, MacLeod e McCarty pensaram, então, o seguinte: se isolarmos as diferentes substâncias químicas presentes no extrato de bactérias com cápsula e colocarmos uma de cada vez em uma cultura de bactérias sem cápsula, poderemos saber qual destas substâncias é capaz de causar a transformação. Eles realizaram uma experiência semelhante a esta e descobriram que a substância capaz de causar a transformação era o DNA; o princípio transformante, portanto, eram moléculas de DNA.

O princípio transformante nada mais é que um a informação hereditária bacteriana; o DNA é, portanto, a substância que contém essa informação, ou seja, o próprio gene para cápsula (AMABIS; MARTHO, 1985, p. 7 - 9).

Amabis e Martho (1985, p. 7 - 9) iniciam o assunto da transformação bacteriana explicando que, "até os anos 40, os ácidos nucléicos não despertaram maiores interesses dos cientistas". Aqui, os autores poderiam justificar que até os anos 40 a pesquisa com o DNA estava sendo desenvolvida, pois o modo como iniciam a narrativa, sugere que quase ninguém pensava na estrutura e função do DNA.

Na seqüência, essa história foge ao padrão de seguimento apresentada em outros livros didáticos. Notamos na citação abaixo, que Amabis e Martho (1985) apresentam primeiramente Avery e seus colaboradores, comemorando a descoberta do DNA como substância responsável pela hereditariedade.

Em 1944, as experiências de Avery, MacLeod e McCarty revelaram, finalmente, que o DNA era nada menos que a substância

responsável pela hereditariedade. É claro que esta conclusão tornou-se ampla apenas mais tarde.

O ponto positivo aqui mencionado é que os autores citam que o experimento de Avery só foi generalizado para a genética algum tempo depois.

Dando continuidade à história, os autores narram que "o fenômeno da transformação foi descoberto por Fred Griffith em 1928". E continuam: "alguns anos mais tarde conseguiram-se cultivar pneumococos in vitro [...]". Analisando a narrativa de Amabis e Martho (1985, p. 7 - 9) percebemos que a linearidade é transmitida.

Outra dificuldade que encontramos em todas as narrativas padrões que citam o episódio da transformação bacteriana, diz respeito à omissão dos autores por não mencionarem que os resultados obtidos por Avery não foram aceitos sem nem uma reserva científica.

Muito pelo contrário, perceberemos que através das narrativas históricas dos livros didáticos, fica sugerido que o experimento de Avery foi aceito sem reservas pela comunidade científica, o que não se ajusta à história narrada no capítulo 1.

De acordo com a exposição de dados historiográficos, apenas em 1952 que a comunidade científica realmente aceitou os resultados do experimento de Avery, por meio de outro conduzido por Martha Chase e Alfred Hershey.

Outro acontecimento que não podemos deixar de mencionar, é que a importância histórica deste experimento reside no direcionamento inicial para a pesquisa não apenas acerca do DNA, mas também com relação à hereditariedade, sendo considerado o fato mais importante para a dupla-hélice do DNA.

Entretanto, como incluir essa descoberta da microbiologia com a genética? De acordo com McHelheny (2003, p. 13), essa relação apenas se estabeleceu em 1946, com os trabalhos de Joshua Lederberg, que validou as bactérias como organismos confiáveis para análises genéticas. Deste modo, sem essa ligação, o leitor poderia ser levado a concluir que a evidência da microbiologia sempre pode ser considerada como evidência em benefício da genética (SILVA ; ROSA, 2007, p. 60 –

4.2 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MERCADANTE, BRITO, ALMEIDA, TREBBI E FAVARETTO - 1999

O pneumococo (uma bactéria) pode ser encontrado em duas formas: uma sem cápsula e não-patogênica; outra, patogênica (capaz de produzir doença), possui, além da membrana plasmática e da parede celular, uma cápsula externa. A presença da cápsula é determinada geneticamente.

Avery, MacLeod e McCarty demonstraram, em 1944, que uma solução contendo DNA obtido de bactérias capsuladas mortas, misturada com bactérias vivas não capsuladas, também provocava a morte dos camundongos, que tinham igualmente, em seu sangue, bactérias capsuladas vivas. Assim, o DNA era o "fator de transformação", responsável pela mudança da estrutura e do comportamento das bactérias (MERCADANTE; BRITO; ALMEIDA, TREBBI; FAVARETTO, 1999, p. 141).

A história da maneira como é exposta, não passa de uma ilustração. Deveriam mencionar Griffith, mas deveriam mencionar Griffith de modo não-linear. Do modo como a história se apresenta, não passa de uma espécie de apêndice ao conteúdo ministrado.

4.3 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE MORANDINI E BELLINELLO - 1999

A identificação do DNA como material genético resultou de dois famosos experimentos: a transformação bacteriana e a experiência do liqüidificador.

A transformação bacteriana

O pneumococo (*Diplococcus pneumoniae*) é a bactéria que provoca, no homem, a pneumonia. Os pneumococos podem formar dois tipos de colônias: lisas ou rugosas. As lisas são as patogênicas e devem seu aspecto à presença de uma cápsula lisas e da mucosa que as envolve. A cápsula impede que as bactérias sejam fagocitadas pelos glóbulos brancos; por isso elas se reproduzem, causando a pneumonia. As bactérias sem cápsula têm aparência rugosa e, como podem ser fagocitadas, não são patogênicas. As bactérias lisas e rugosas são designadas, respectivamente, por S (de smooth = lisa) e R (de rough = rugosa). O bacteriologista inglês F. Griffith em 1928 fez a seguinte experiência:

- 1- Injetou em ratos pneumococos vivos sem cápsula (bactérias R). Os ratos continuaram sadios.
- 2- Injetou em ratos pneumococos vivos com cápsulas (bactérias S). Afetados pela pneumonia, os ratos morreram.

- 3- Bactérias S, mortas pelo calor, foram injetadas nos ratos. Eles não desenvolveram pneumonia.
- 4- O cientista injetou, então, em ratos uma mistura de pneumococos R vivos e pneumococos S mortos pelo calor. Os ratos contraíram a pneumonia e morreram. Portanto, no interior dos ratos, bactérias R haviam se transformado em bactérias S.
- 5- Griffith cultivou grande quantidade de bactérias S que, posteriormente, foram mortas pela ação do calor e pulverizadas. Com elas preparou um extrato que continha todas as substâncias existentes nas células da bactéria S. A um meio de cultura contendo bactérias R adicionou o extrato. Apareceram na cultura bactérias S, que se reproduziram, originando descendentes S.

Quando o extrato de células com cápsulas mortas por ação do calor é adicionado a células vivas sem cápsulas, aparecem algumas células com cápsulas, que causam pneumonia e morte quando injetadas. O fenômeno da transformação bacteriana foi atribuído a um agente desconhecido, chamado de fator transformante. Assim temos:

Pneumococo R + agente transformante — pneumococo S

Em 1944, ainda estudando a transformação bacteriana, os cientistas Oswald Avery e Colin MacLeod, canadenses, e Maclyn McCarthy, norte-americano, verificaram que na presença da DNAase, enzima que desintegra o DNA, o extrato não exercia a transformação. Assim, deduziram que o fator transformante era o DNA de S, ou seja, o caráter cápsula era condicionado por um tipo de DNA. Daí concluíram que:

Pneumococo R + DNA de S — pneumococo S

A experiência do liquidificador

Realizado por Alfred Hershey e Martha Chase em 1952, o experimento do liquidificador demonstrou que o DNA é o material genético do bacteriófago T2, um tipo de vírus que parasita a bactéria *Escherichia coli*, desintegrando-a. O T2 apresenta uma cápsula protéica formada por cabeça e cauda. O material genético, constituído por uma molécula de DNA, localiza-se na cabeça.

Hershey e Chase marcaram duas séries de bacteriófagos com isótopos radioativos S35 contidos nas proteínas e P32 existente no DNA. Algumas culturas bacterianas foram infectadas com bacteriófagos contendo S35 e outras com bacteriófagos marcados com P32. Iniciado o ciclo de infecção, as colônias de bactérias foram agitadas num liquidificador. A agitação mecânica separou os bacteriófagos das bactérias. A seguir, uma centrifugação separou as bactérias, que se precipitaram, dos bacteriófagos, que permaneceram sobrenadantes. Na amostra que continha S35, a radioatividade só se manifestava na suspensão, enquanto na outra o P32 era detectado no interior da célula. A experiência demonstrou que apenas o DNA penetrava nas bactérias e produzia novos vírus, sendo o material genético dos vírus. O material genético é o DNA (MORANDINI; BELLINELLO, 1999, p. 384 - 387).

Considerando a sucessão de parágrafos do livro didático de Morandini e Bellinello (1999, p. 384 - 387) foi possível perceber a preocupação dos

autores em apresentar aspectos históricos. Todavia, a história se manifesta em uma seqüência de tempo e fatos, revelando aos leitores o progresso da Ciência num seguimento linear, passando por Griffith, Avery, Hershey e Chase.

Percebemos isso pelas citações abaixo: "O bacteriologista inglês F. Griffith em 1928 fez a seguinte experiência", passando depois disto, para o episódio da transformação bacteriana.

No seguimento da narrativa aparece tal afirmação:

Em 1944, ainda estudando a transformação bacteriana, os cientistas Oswald Avery e Colin MacLeod, canadenses, e Maclyn McCarthy, norte-americano, verificaram que na presença da DNAase [...].

E avançam:

Realizado por Alfred Hershey e Martha Chase em 1952, o experimento do liquidificador demonstrou que o DNA é o material genético do bacteriófago.

Da forma como foi exposto, têm-se a impressão de que Griffith, Avery, Hershey e Chase, ou seja, os cientistas de épocas anteriores trabalhavam com os mesmos problemas fazendo com que a ciência pareça cumulativa.

Embora os autores tenham narrado o experimento realizado por Alfred Hershey e Martha Chase em 1952, deixam de mencionar a contestação ao experimento de Avery pela comunidade científica da época.

No entanto, Morandini e Bellinello (1999, p. 384 - 387) diferentemente da maioria dos livros didáticos, descrevem o episódio da transformação bacteriana, juntamente ao conteúdo de genética, porém não relacionam a importância que esse experimento proporcionou para a pesquisa sobre o DNA e a hereditariedade em geral.

4.4 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE AMABIS E MARTHO - 2004

A história da identificação do DNA como material hereditário começou em 1928, com a descoberta do fenômeno da transformação bacteriana pelo médico inglês Fred Griffith (1877-1941). Na época, Griffith estudava a bactéria *Diplococcus pneumoniae* (atualmente classificada como *Streptococcus pneumoniae*), causadora de

pneumonia em seres humanos e outros mamíferos. Sabia-se da existência de duas linhagens dessa espécie de bactérias: capsuladas, em que as células são envoltas por uma cápsula de muco, e sem cápsula, em que as células não apresentam envoltório mucoso. Penumococos capsulados são patogênicos, isto é, causam pneumonia em animais, enquanto pneumococos sem cápsula não causam a doença. A presença de cápsula é hereditária: bactérias capsuladas, quando se reproduzem, sempre originam bactérias-filhas capsuladas, enquanto bactérias sem cápsula, ao se reproduzirem, originam bactérias-filhas idênticas a si, sem cápsula (exceto se ocorrer mutação, o que é evento raríssimo). Com o objetivo de verificar se era ou não a cápsula o fator desencadeante da pneumonia, Griffith injetou, em camundongos, bactérias capsuladas previamente mortas pelo calor. Os animais continuaram saudáveis, o que levou a concluir que as bactérias capsuladas tinham de estar vivas para causar a doença. Em outros camundongos, Griffith injetou uma mistura de bactérias capsuladas mortas pelo calor e bactérias sem cápsula vivas. Ele esperava que os camundongos se mantivessem saudáveis, pois, conforme já sabia, bactérias capsuladas mortas não causavam a doença, assim como as bactérias sem cápsula. O resultado foi surpreendente: os quatro animais que haviam recebido injeção da mistura - bactérias capsuladas mortas e bactérias sem cápsula vivas - morreram de pneumonia e em seu sangue havia bactérias capsuladas vivas. Cerca de trinta animais que serviram de grupo de controle experimental, nos quais apenas bactérias sem cápsula viva foram injetadas, continuaram perfeitamente saudáveis. Esse resultado, não previsto por Griffith, levou-o a repetir o experimento, com resultados idênticos.

Duas explicações podiam ser aventadas: ou as bactérias encapsuladas mortas pelo calor haviam ressuscitado o que era absurdo, ou bactérias vivas sem cápsula haviam se transformado em bactérias encapsuladas, devido a algum tipo de influência das bactérias capsuladas mortas. O cientista admitiu a segunda explicação, e deu ao fenômeno o nome de transformação bacteriana. Em 1933, o pesquisador James Lionel Alloway (1900-1954), um colaborador de Oswald Avery (1877-1955), descobriu que a transformação bacteriana podia ocorrer *in vitro*, isto é, em um tubo de ensaio, sem a necessidade de injetar bactérias em camundongos. Ele cultivou bactérias capsuladas e sem cápsula em frascos separados. Em seguida, matou por calor as bactérias capsuladas e as macerou, para que não restasse nenhuma célula íntegra. O extrato de bactérias capsuladas foi, então, misturado a bactérias vivas sem cápsula. Depois de algum tempo, foram detectadas bactérias capsuladas vivas, resultantes da transformação de bactérias sem cápsula. Alloway observou que extrato de bactérias capsuladas, quando tratado de maneira apropriada com álcool, formava um precipitado espesso e viscoso, que continuava a apresentar capacidade transformante, isto é, de produzir transformação das bactérias. Se o precipitado obtido do extrato bruto fosse colocado em culturas de bactérias sem cápsula, algumas delas transformavam-se em bactérias capsuladas e passavam a transmitir essa característica às suas descendentes. Esta descoberta criou a possibilidade de purificar o agente químico causador da transformação.

Avery e dois de seus colaboradores Colin M. MacLeod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911-2005), isolaram um extrato com alto poder transformante e o trataram com diferentes enzimas: amilases, que degradam polissacarídeos, proteases, que degradam proteínas, e ribonucleases, que degradam RNA. Constataram que estes tratamentos não afetavam o poder do extrato de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas. Somente quando o extrato foi tratado com desoxirribonuclease, enzima que degrada DNA, ele perdeu sua capacidade de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas. Assim, em 1944, após 12 anos de intensa atividade de pesquisa, Avery e seus colaboradores chegaram à conclusão de que a substância capaz de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas era o DNA.

Avery e seus colaboradores foram cautelosos ao interpretar os resultados obtidos; assim, não afirmaram que o DNA era o material hereditário das bactérias. Diversos pesquisadores, porém, imaginaram essa possibilidade, e passaram a testá-la. Um dos experimentos pioneiros na demonstração de que o DNA é o material hereditário foi realizado pelos pesquisadores norte-americanos Alfred Day Hershey (1908-1997) e Martha Chase (1928-2003). Esses pesquisadores trabalharam com o bacteriófago T2, um vírus constituído por uma molécula de DNA envolta por um capsídeo protéico, cujo ciclo de vida era bem conhecido na época (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 136 -137).

Analisando o livro didático de Amabis e Martho, podemos observar que os autores, a princípio, parecem descrever uma boa história, pois consideram alguns fatos importantes.

Citado na introdução do texto está a apresentação de que "a história da identificação do DNA como material hereditário começou em 1928, com a descoberta do fenômeno da transformação bacteriana pelo médico inglês Fred Griffith".

Os autores (2004, p. 136 - 137) narram com riqueza de detalhes o experimento realizado por Griffith e na seqüência citam Lionel Alloway, colaborador de Oswald Avery em 1933 que: "descobriu que a transformação bacteriana podia ocorrer in vitro, isto é, em um tubo de ensaio". Os autores descrevem que "esta descoberta criou a possibilidade de purificar o agente químico causador da transformação".

Dando continuidade ao texto, Amabis e Martho citam que, em 1944, Avery isolou um extrato com alto poder transformante e o tratou com diferentes enzimas. Depois de anos de pesquisa, Avery chegou "à conclusão de que a substância capaz de transformar bactérias sem cápsula em bactérias capsuladas era o DNA".

Podemos constatar nesse livro de Amabis e Martho (2004, p. 137), que um dos experimentos que muito contribuiu para a aceitação do DNA como o material hereditário foi o de Alfred Hershey e Martha Chase que utilizaram o bacteriófago, um vírus que é constituído por uma cápsula de proteína com uma molécula de DNA em seu interior.

De acordo com esse livro didático, podemos perceber que a idéia de linearidade foi transmitida em várias passagens do texto, onde os autores consideram os pesquisadores e seus experimentos, deixando a impressão que os mesmos, no que se refere ao problema da transformação bacteriana, tais experimentos foram feitos ao longo do tempo, por vários cientistas, que se dedicaram à mesma pesquisa e com o mesmo alvo, cada um colaborando com uma parcela e, numa seqüência, em períodos diferentes.

A narrativa descrita por Amabis e Martho (2004) apresenta uma sucessão de episódios históricos, começando pela origem do problema da transformação bacteriana, até chegar em Hershey e Chase. Portanto, essa narrativa nos conduz a uma idéia de linearidade, deixando a impressão que o conhecimento científico atual fosse o resultado linear de conhecimentos preexistentes.

Esse tipo de história onde os fatos são direcionados, em mão única, sugere um caráter necessariamente progressivo da ciência. De acordo com Kuhn (2005), a história do desenvolvimento científico não obedece a linhas retas e direcionadas a um único ponto.

Todavia, o principal ponto a ser destacado, são as relações que os autores não estabelecerem entre a transformação bacteriana e a estrutura da dupla hélice do DNA.

A história narrada nos livros didáticos é importante para se descobrir mais sobre o problema da transformação bacteriana, uma vez que, tal episódio está presente em diversos livros didáticos pela importância do modelo da dupla hélice do DNA. No entanto, o texto apresentado da forma como foi, não proporciona ao leitor a oportunidade para se fazer tal relação, ou seja, a história aqui não passa de uma leitura adicional, um acúmulo de informações.

4.5 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE SILVA JR E SASSON - 2005

Faz menos de 50 anos que se compreendeu que os genes, responsáveis pela hereditariedade, são pedaços de um ácido nucléico especial, o DNA. Até aquela época, muitos pesquisadores importantes acreditavam que os genes fossem proteínas, em parte porque os cromossomos, portadores dos genes, apresentavam certa quantidade de proteínas na sua composição.

A história começa em 1927. Frederick Griffith, um microbiologista interessado em desenvolver uma vacina contra a pneumonia, trabalhava em laboratório com pneumococos, bactérias causadoras dessa doença. Há duas formas de pneumococos: os capsulados, os quais, como o nome indica, possuem uma cápsula gelatinosa ao seu redor, e os não-capsulados. Além dessa diferença de estrutura, o efeito desses pneumococos também é diferente: quando injetado em ratos, os pneumococos capsulados causam pneumonia e, finalmente, a morte. Os não capsulados, ao contrário, não são nocivos. Tanto a presença ou ausência de cápsula quanto à virulência são atributos genéticos, isto é, passam de geração em geração para os descendentes das bactérias. Na tentativa de obter uma vacina, Griffith injetava pneumococos capsulados mortos em ratos. Numa das experiências, ele injetou uma mistura de pneumococos capsulados mortos pelo calor, com pneumococos não-capsulados vivos. Os camundongos morreram inesperadamente. O mais estranho, no entanto, foi a descoberta de que no sangue dos ratos havia pneumococos, com cápsula, vivos! Foi levantada a hipótese de que alguma substância havia passado das bactérias capsuladas mortas para as não capsuladas vivas, modificando-as geneticamente. Para testar a hipótese, as experiências foram repetidas em meio de cultura, fora, portanto, do corpo de animais. Uma cultura de bactérias capsuladas foi morta por aquecimento; em seguida, as bactérias foram trituradas, obtendo-se um extrato com todas as substâncias presentes naqueles microrganismos. O extrato foi adicionado a uma cultura de bactérias não capsuladas, vivas; algum tempo depois, viu-se que algumas das bactérias apresentavam cápsula! Além disso, quando essas bactérias se reproduziam, seus descendentes apresentavam cápsula e eram capazes de provocar a doença, quando injetados em ratos. Parecia claro que alguma substância do extrato havia transformado geneticamente algumas das bactérias sem cápsula, que assim adquiriram não somente cápsula, como também virulência. Restava descobrir que substância do extrato era capaz de promover essa transformação genética.

Avery, MacLeod e McCarthy, em 1944, publicaram seus resultados: haviam conseguido isolar do extrato a substância transformante: era o DNA (ácido desoxirribonucléico) de bactérias capsuladas que, quando incorporado por bactérias sem cápsula, fazia com que elas também produzissem cápsula e causassem pneumonia. Provou-se, assim, que o material genético era realmente um ácido nucléico, e não uma proteína, como se acreditava até então.

Na década de 1950, dois pesquisadores, Watson e Crick, propuseram um modelo da estrutura da molécula de DNA em forma

de dupla-hélice. A compreensão da estrutura do DNA levou a entender as propriedades dos genes, como a capacidade de duplicação e controle da célula através do RNA, e impulsionou de forma impressionante todas as pesquisas sobre genética molecular, que continuam, até hoje, a todo vapor (SILVA JR; SASSON, 2005, p. 82 - 84).

Com relação ao livro didático de Silva Jr e Sasson (2005, p. 82 - 84), podemos observar a descrição de diversos fatos, datas, nomes de cientistas e seus experimentos, dando a impressão que os cientistas de épocas anteriores trabalhavam com os mesmos problemas. Tal modo de exposição histórica fornece a impressão de que a ciência pareça cumulativa.

Percebemos também nesse texto, que a linearidade é transmitida em vários trechos, como, por exemplo, quando os autores referem-se que a história começa em 1927 com Frederick Griffith e seu experimento de observação da transformação das bactérias, mas que, no entanto, este não conseguiu descobrir qual era a substância capaz de promover tal transformação.

A seguir, os autores passam ao ano de 1944 e citam Avery como o identificador do DNA.

A idéia de linearidade existe no livro de Silva Jr e Sasson (2005, p. 82 -84), uma vez que, sugere que Avery conseguiu realizar seu resultado baseado em pensamentos anteriores.

Além disso, há a sugestão clara que Griffith não conseguiu descobrir a natureza da substância transformante, o que não está de acordo com a história da transformação, pois Griffith tinha como objetivo apenas produzir uma vacina.

Percebemos então que este livro não ignora o interesse de Griffith no desenvolvimento de uma vacina contra a pneumonia, no entanto, os autores deixam de realçar que, posteriormente, os objetivos da investigação de Griffith eram diferentes.

A forma como o texto é apresentado sugere que a pesquisa se iniciou com Griffith que sabia da existência de um princípio transformante nas bactérias, embora não o tenha identificado, e continuou com Avery que conseguiu desvendar qual era o agente de transformação. Essa forma de exposição da História da Ciência é o que Kuhn (2005) denomina de cumulativa ou linear.

Assim, a impressão reinante é de que os cientistas de épocas anteriores trabalharam com os mesmos problemas e utilizaram as mesmas

metodologias, fazendo com que a Ciência, pareça cumulativa. Em razão disso, nos livros abordados sobre a ciência, o leitor depara com sérias dificuldades na compreensão dos conteúdos programáticos, dos conceitos e das definições de fatos históricos. Assim, essa colocação da história, segundo Kuhn (2005), é exposta de uma maneira não satisfatória.

Dando seqüência ao texto, Silva Jr e Sasson (2005, p. 84) descrevem que na década de 1950, dois pesquisadores, Watson e Crick, propuseram o modelo da estrutura da molécula de DNA em forma de dupla-hélice. Neste item, não é transmitida a idéia de linearidade, uma vez que o modelo da estrutura do DNA não é resultado de investigações anteriores. No entanto, há algo pior a se destacar, pois a referência à dupla-hélice é feita sem nenhuma preparação prévia de sua história.

Nesta narrativa, os autores não estabeleceram ligações entre a complexa questão da transformação bacteriana com o modelo da dupla hélice do DNA, pois eles partiram dos resultados de Avery para a elucidação da estrutura molecular do DNA, esquecendo que, entre as descobertas de Avery e a construção do modelo da duplahélice, houve a necessidade de uma investigação a respeito da possibilidade de generalizar os resultados de Avery sobre as bactérias para outros organismos celulares, uma vez que, na época de Avery, ainda não sabia se as bactérias eram organismos geneticamente confiáveis para a pesquisa. Segundo McHelheny (2003, p. 13), "esta relação apenas se constituiu em 1946, com os trabalhos de Joshua Lederberg, o qual legitimou as bactérias como organismos seguros para análises genéticas" (SILVA; ROSA, 2007, p. 61).

4.6 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DIDÁTICO DE FAVARETTO E MERCADANTE -2005

Em 1928, Frederick Griffith tentava obter uma vacina contra a pneumonia causada pelo pneumococo. Essa bactéria pode ser encontrada em duas formas: uma sem cápsula e não-patogênica; a outra, patogênica (capaz de produzir doença), possui, além da membrana plasmática e da parede celular, uma cápsula externa. A presença de cápsula é característica hereditária; bactérias capsuladas ou não-capsuladas geram outras iguais a elas. Griffith observou que, matando bactérias capsuladas pelo calor, elas perdiam a capacidade de causar doença. Quando, porém, misturava bactérias capsuladas mortas pelo calor com bactérias vivas não-capsuladas, a mistura provocava a morte dos camundongos.

Coletando amostras de sangue dos camundongos mortos por essa mistura, Griffith encontrou bactérias vivas capsuladas. Imaginou a existência de um "fator de transformação", mas não conseguiu purificá-lo nem explicar de que se tratava.

Em 1944, Oswald 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, que tinham igualmente, em seu sangue, bactérias capsuladas vivas. Assim, o DNA era o "fator de transformação", responsável pela mudança do comportamento das bactérias. (FAVARETTO; MERCADANTE, 2005, p. 94 - 95)

Outro exemplo de abordagem pedagógica em livro de Biologia que adota a evolução contínua, encontra-se no conteúdo de Favaretto e Mercadante (2005, p. 94 - 95). A idéia de linearidade está visível no trecho em que se menciona que, "[...] em 1928 Frederick Griffith tentava obter uma vacina contra a pneumonia causada pelo pneumococo .

No entanto, essa narrativa admite que Griffith não tinha como objetivo apenas produzir a vacina, mas purificar e explicar qual era o fator da transformação bacteriana. Ou seja: os autores atribuem a Griffith objetivos que vão além da produção da vacina, objetivos estes que não teriam sido alcançados por ele.

O texto não explica como em 1944, Oswald Avery, purificou o DNA, porém, relata que Avery demonstrou que o DNA era o fator de transformação, responsável pela mudança do comportamento das bactérias, destacando este último como o único a ganhar o mérito por ter resolvido a questão.

Portanto, deixa a impressão que embora Griffith com sua experiência bem planejada e correta, não conseguiu solucionar o problema.

Favaretto e Mercadante (2005, p. 94 - 95) apresentam o desenvolvimento da Ciência com relação à transformação bacteriana, por meio da vida de Griffith e Avery, enfatizando a concepção de linearidade e até sugerindo que Avery continuou a pesquisa de Griffith distinguindo apenas que os mesmos ocorreram em diferentes épocas.

Os autores omitiram a informação, de que o experimento de Avery, foi argüido pela comunidade científica da época e também não relacionam a transformação bacteriana com a construção do modelo da dupla hélice de Watson e Crick.

A história resumida da transformação bacteriana está presente no livro didático de Favaretto e Mercadante (2005, p. 94 - 95) no capítulo sobre ácidos

nucléicos, portanto seria de se esperar que os autores fizessem alguma relação da transformação com a dupla-hélice, mas isso não ocorre. Nesse caso, o texto deveria localizar o leitor no quadro todo, ou seja, deveria apresentar o conteúdo numa estrutura ampla de conhecimento, relacionando a transformação à dupla-hélice.

4.7 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE PAULINO - 2005

Em 1865, o bioquímico suíço Friedrich Miescher verificou, no núcleo de glóbulos brancos do pus de espermatozoides, a presença de ácidos associados a proteínas. Acreditando que esses ácidos fossem exclusivos do núcleo das células, denominou-os ácidos nucléicos. Em 1953, James Watson e Francis Crick propuseram um modelo para a molécula do DNA, que lhes valeu o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1962. De acordo com esse modelo, a molécula do DNA é constituída por dois filamentos (cadeias de nucleotídeos) enrolados, um ao redor do outro, na forma de uma hélice dupla (PAULINO, 2005, p. 76 e 77).

4.8 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE LINHARES E GEWANDSZNAJDER - 2005

Em 1962, o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina foi concedido aos cientistas Francis Crick, Maurice Wilkins (britânicos) e James Watson (norte-americano) por suas pesquisas que determinaram a estrutura molecular do DNA, conhecida como modelo da dupla hélice: a molécula de DNA é representada por dois filamentos formados por muitos nucleotídeos e torcidos em hélice no espaço, ligados um ao outro pelas bases nitrogenadas (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 87).

As duas descrições acima, de Paulino (2007, p. 76 - 77) e Linhares e Gewandsznajder (2005, p. 87), não narram o episódio da transformação bacteriana, ou seja, não mencionam as pesquisas realizadas por Griffith e Avery, mas apresentam o conteúdo sobre DNA.

Devemos lembrar que a História e Filosofia da Ciência são consideradas pelo PNLEM, valorizando a construção científica como um processo histórico, social e cultural, embora os livros didáticos acima citados não considerem o episódio histórico da transformação bacteriana.

Histórias sobre pesquisas científicas assim apresentadas não passam de meros apêndices.

4.9 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NO LIVRO DE LOPES E ROSSO - 2005

A natureza química do material genético começou a ser descoberta a partir de 1869, quando o jovem cientista Friedrich Miescher (1844-1895) isolou, a partir do núcleo de células, moléculas grandes que denominou nucleínas. Desde então, outros cientistas confirmaram que as nucleínas tinham natureza ácida e passaram a chamá-las ácidos nucleicos. No início do século XX foram identificados dois tipos de ácido nucleico; o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA). Em 1944 o DNA foi reconhecido por Oswald Avery (1877-1955), Colin Munro MacLeod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911) como sendo o material genético (LOPES; ROSSO, 2005, p. 425).

É interessante o modo como Lopes e Rosso (2005, p. 425) tentam mostrar a história. Apesar de não descreverem a transformação bacteriana, os autores fazem uma breve exposição a respeito da identificação do DNA e RNA fazendo referências a datas e cientistas relacionados ao episódio histórico sobre a transformação bacteriana.

A história deste livro didático nos remete à idéia de linearidade quando citam que:

[...] a natureza química do material genético começou a ser descoberta a partir de 1869, quando o jovem cientista Friedrich Miescher isolou, a partir do núcleo de células, moléculas grandes que denominou nucleínas (LOPES; ROSSO, 2005, p. 425).

Observamos na seqüência do texto a seguinte colocação. Desde então, outros cientistas confirmaram que as nucleínas tinham natureza ácida e passaram a chamá-las ácidos nucleicos".

E prosseguem:

No início do século XX foram identificados dois tipos de ácido nucleico; o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA).

Finalizam o texto com a expressão:

Em 1944 o DNA foi reconhecido por Oswald Avery (1877-1955), Colin Munro MacLeod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911) como sendo o material genético (LOPES; ROSSO, 2005, p. 425).

As citações acima indicam que a narrativa apresentada por Lopes e Rosso (2005, p. 425) apresentam a idéia de linearidade, dando a entender que havia um problema a ser resolvido, que era o da natureza química do material genético e que os cientistas trabalharam para solucioná-lo.

Percebe-se que cada pesquisador, Miescher e Avery, deram sua parcela de contribuição e que unindo todas elas, chegaram-se à explicação de que o DNA era o material genético.

Sabemos que o experimento de Avery direcionou as investigações sobre a estrutura química da molécula do DNA, todavia, os autores não relacionam esse experimento com a hereditariedade.

4.10 DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO DA TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA APRESENTADA NA APOSTILA DO NOBEL, SD.

Há pouco tempo se compreendeu que os genes, responsáveis pela hereditariedade, são pedaços de um ácido nucléico especial, o DNA. Até então muitos pesquisadores importantes acreditavam que os genes fossem proteínas, em parte porque os cromossomos, portadores dos genes, têm uma certa quantidade de proteína na sua composição. A história começa em 1927. Frederick Griffith, um microbiologista interessado em desenvolver uma vacina contra a pneumonia, trabalhava em laboratórios com pneumococos, bactérias causadoras dessa doença. Griffith sabia que havia duas formas de pneumococos: os capsulados, que como o nome indica, possuem uma cápsula gelatinosa ao seu redor, e os não-capsulados. Além dessa diferença de estrutura, o efeito desses pneumococos também é diferente: quando injetados em ratos, os pneumococos capsulados causam pneumonia e, finalmente, a morte. Os não-capsulados, ao contrário, não são nocivos. Tanto a presença ou ausência de cápsula quanto a virulência são atributos genéticos, isto é, passam de geração em geração para os descendentes. Na tentativa de obter uma vacina, Griffith injetava pneumococos capsulados mortos em ratos. Numa das experiências, ele injetou uma mistura de pneumococos capsulados, mortos pelo calor, com pneumococos não-capsulados vivos.

Foi levantada a hipótese de que alguma substância havia passado das bactérias capsuladas mortas para as não-capsuladas vivas, modificando-as geneticamente. Para testar essa hipótese, essas experiências foram repetidas em meio de cultura, portanto fora do corpo de animais. Uma cultura de bactérias capsuladas foi morta por aquecimento; em seguida, foram pulverizadas, obtendo-se um

extrato com todas as substâncias presentes naquelas bactérias. O extrato foi adicionado a uma cultura de bactérias não-capsuladas vivas; algum tempo depois, viu-se que algumas das bactérias apresentavam cápsulas! Além disso, quando se reproduziam, seus descendentes tinham cápsula e eram capazes de provocar a doença, se injetado em ratos. Parecia claro que alguma substância presente na extrato havia transformado geneticamente algumas das bactérias, que assim adquiriram não somente cápsula, como também virulência. Avery, MacLeod e McCarthy, em 1944, publicaram seus resultados: haviam conseguido isolar do extrato a substância que era capaz de transformar geneticamente as bactérias não-capsuladas em capsuladas; essa substância foi identificada com sendo o DNA (ácido desoxirribonucléico).

Provou-se, assim, que o material genético era, realmente, um ácido nucléico, e não uma proteína, como se acreditava até então. Na década de 50, dois pesquisadores, Watson e Crick, propuseram um modelo da estrutura da molécula de DNA, em forma de dupla-hélice. A compreensão da estrutura do DNA permitiu, na realidade, que se compreendessem várias das propriedades dos genes e impulsionou com muita força todas as pesquisas sobre genética molecular (NOBEL ,sd, p. 13 - 14)

Observamos que a apostila do Colégio Nobel (sd, p. 13 - 14) ao introduzir e desenvolver o conteúdo do evento da transformação bacteriana o faz de forma geral semelhante à narrativa de Silva Jr e Sasson (2005, p. 82 - 84), transmitindo a idéia de linearidade ao conjunto de fatos relacionados a essa transformação.

Podemos comprovar tal afirmação na citações: "A história começa em 1927' (p. 13). Depois a apostila continua o episódio narrando o experimento de Griffith.

Percebemos que a apostila não oculta que Griffith tinha o empenho no desenvolvimento de uma vacina contra a pneumonia, no entanto, o texto não enfatiza que posteriormente, os objetivos de sua investigação se tornaram outros.

Dando seguimento à história, temos a afirmação de que Avery havia conseguido isolar a substância:

Avery, MacLeod e McCarthy, em 1944, publicaram seus resultados: haviam conseguido isolar do extrato a substância que era capaz de transformar geneticamente as bactérias não-capsuladas em capsuladas; essa substância foi identificada com sendo o DNA (ácido desoxirribonucléico).

E que:

Na década de 50, dois pesquisadores, Watson e Crick, propuseram um modelo da estrutura da molécula de DNA, em forma de dupla-hélice. A compreensão da estrutura do DNA permitiu, na realidade, que se compreendessem várias das propriedades dos genes e impulsionou com muita força todas as pesquisas sobre genética molecular.

Embora a apostila apresente Watson e Crick, não estabelece ligação entre as descobertas de Avery, a construção da dupla-hélice e a necessidade de outra investigação a respeito da possibilidade das bactérias serem organismos confiáveis para análises genéticas.

Também não existe linearidade no trecho quando citam Watson e Crick os propositores do modelo da estrutura do DNA na forma de dupla-hélice. Porém, a inserção deste fato foi feito sem qualquer preparação prévia de sua história.

Portanto, de todos os textos históricos analisados, não encontramos nenhum que aborde de maneira satisfatória a Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela presente pesquisa, constatamos no que diz respeito ao episódio da transformação bacteriana, que existem problemas de estruturação no modo como a História da Ciência se apresenta no livro didático.

Por esse motivo, concluímos então, que existe a necessidade dos livros didáticos serem avaliados pelos professores, uma vez que é um recurso disponível nas escolas. Tal recurso deveria atender a realidade do aluno, de modo a ajudá-lo na busca de resposta às suas indagações.

Verificamos ao analisar os livros didáticos de Biologia usados no Ensino Médio, que a História da Ciência encontra-se presente nos textos desse recurso pedagógico. No entanto, falta estruturação na História da Ciência apresentada nos livros didáticos, de forma que torne os assuntos mais inteligíveis.

Raríssimas vezes a história é descrita congregando conflitos, embates teóricos das idéias e interesses econômicos, políticos e ideológicos. Geralmente são mostradas apenas como ilustrações dos acontecimentos científicos e histórias sobre os cientistas que contribuíram para o desenvolvimento do assunto.

Sugerimos então que uma das alternativas para a melhoria da qualidade do ensino pode estar na estruturação da História da Ciência que é abordada no livro didático.

A compreensão da História e Filosofia da Ciência permite perceber que a Ciência não segue um critério linear progressivo, adicionando novos conhecimentos.

Porém, existe uma tendência a fazer com que a História da Ciência nos livros didáticos pareça linear e cumulativa, acrescentando novos conhecimentos.

Muitas vezes, olhar para a história, nos permite localizar movimentos de oposição de idéias em um mesmo contexto, e ver que as idéias consideradas errôneas, foram influentes em um dado momento, impedindo o desenvolvimento de outras que, ultimamente, são mais aceitas.

A História aliada com a Filosofia pode enriquecer o assunto, tornando-o mais significativo e, conseqüentemente, possibilitando ao usuário do livro didático compreender melhor o que ele está estudando.

Essa união entre a História e Filosofia da Ciência pode auxiliar na composição dos materiais históricos produzidos pelos autores de livros didáticos.

A História da Ciência, presente no livro didático pode ser muito útil como recurso pedagógico, quando bem estruturada. Acreditamos que, para termos um ensino de melhor qualidade, não basta enxergarmos os problemas que existem no ensino-aprendizado; é preciso ir além. Entre alguns recursos disponíveis para o ensino está o livro didático, que professores e alunos utilizam, o qual, no entanto, requer estruturação.

Acreditando que o interesse de um ensino de boa qualidade é de todos, principalmente dos que estão envolvidos com a educação, desenvolvemos esta pesquisa onde o livro didático foi o objeto de investigação, pois, entendemos que um dos requisitos para a melhoria do ensino é a qualidade do livro didático, recurso inteligível e muito utilizado pelos professores e alunos.

E com respeito a mim, devo dizer que este trabalho contribuiu e fortaleceu muito o meu crescimento profissional. O curso de mestrado foi uma porta que foi aberta onde ampliei meus conhecimentos sobre História e Filosofia da Ciência contribuindo com uma boa formação educacional. Pretendo expandir a experiência adquirida com essa pesquisa, buscando aprofundar-me no conhecimento das diversas formas de apresentação da História da Ciência nos livros didáticos. Enquanto isso, irei aplicando esses conhecimentos sobre História e Filosofia da Ciência, adquiridos ao longo dessa pesquisa, nas minhas aulas de Biologia, a qual acho uma disciplina fascinante e privilegiada, do Ensino Médio.

REFERENCIAS

AMABIS, J. M.;MARTHO G. R. **Biologia das populações**. 2. ed. v. 3. São Paulo: Moderna, 2004.

BASTOS. F . In: NARDI. **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras Editoras, 1998.

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

CARNEIRO, Maria H. da S.; GASTAL, Maria L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v.11, n. 1, p. 33-39, 2005. Acesso em: 2 abr 2007.

CEFETEQ. **Conhecendo o DNA**. A pneumonia fatal. Disponível em: <<http://www.cefeteq.br/dna/historia/pneumonia.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2007.

CHARLOT, B. O fracasso escolar: um objeto de pesquisa inencontrável: Serão a reprodução, a origem social e as deficiências "a causa do fracasso escolar"? In: **Da relação com o saber: elementos para uma teoria**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

DICIONÁRIO BRASILEIRO GLOBO. 29. ed. São Paulo: Globo, 1993.

DICIONÁRIO ETIMOLÓGICO E CIRCUNSTANCIADO DE BIOLOGIA. São Paulo:Scipione, 1993.

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>> Acesso em 28 jun. 2007.

FAVARETTO J. A.; MERCADANTE C. **Biologia** . 1 ed. São Paulo: Moderna, 2005.

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

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

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

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia**. 1. ed. São Paulo: Ática. 2005.

LOPES. S.; ROSSO.S. **Biologia**. 1. ed. São Paulo: Saraiva. 2005.

- MARTHO G. R.; AMABIS, J. M. **Biologia**. v 3. São Paulo: Moderna, 1985.
- MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: UNB. 1998.
- MARTHO G. R.; AMABIS, J. M. **Biologia**. v.3. São Paulo: Moderna, 1985. p.7
- MCHELHENY, V. **Watson and DNA**. Cambridge: Perseus Publishing. 2003
- MERCADANTE. C.; BRITO. E. A DE; ALMEIDA. F. C DE.; TREBBI. H.; FAVARETTO J. A. **Biologia**. 1. ed. São Paulo; Moderna. 1999.2005
- MEYER.D.; EL-HANI C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo; UNESP, 2005.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN - parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília, 1999.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais (5a a 8a séries): ciências naturais**. Brasília: MEC / SEF, 1998.
- MOLINA, O. **Quem engana quem? professor x livro didático**. 2. ed. Campinas: Papirus. 1988.
- MORANDINI. C.; BELLINELLO. L.C. **Biologia**. São Paulo; Atual. 1999.
- NOBEL. Sistema de Ensino. **Material do professor**. Biologia. 1ª série. 1º semestre. Editora Linceu. Sd
- OLBY, Robert. **The path to the double helix**. Seattle, USA: 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. Acesso em 9 ago 2007.
- PAULINO, W. R. **Biologia**. 1. ed. v. 1. São Paulo; Ática, 2005.
- PNLEM. **Catálogo do programa nacional do livro para o ensino médio**. Brasília,2007.
- PRETTO, N. De Luca. **A ciência nos livros didáticos**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp: Editora da Universidade Federal da Bahia, 1985.
- SILVA, M. R. **Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA**. Filosofia e história da biologia 2. 1. ed. v. 1. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa, 2007.
- SILVA , M. R.; ROSA, S. R. G. **Inserção da história da ciência no ensino de ciências**. Maquinações. v. 1. Universidade Estadual de Londrina, 2007.

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, 2003 Acesso em 02 abr. 2007.

THEFREEDICTIONARY. Disponível em:<www.thefreedictionary.com>. Acesso em 09 jun. 2008.

VELOSO, A. J.B. **Das ervilhas de Mendel à dupla hélice de Watson e Crick**. Disponível em:< http://cfcul.fc.ul.pt/equipa/nao_elegiveis/antonio%20veloso/genetica-versao-definitiva.doc>. Acesso em 28 jun. 2007.

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

JÚNIOR, C. DA S; SASSON, S. **Biologia**. 8. ed. v. 1. São Paulo: Saraiva, 2005. p. 83