



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA**

---

**VÂNIA DARLENE RAMPAZZO BACHEGA OLIVEIRA**

**AS DIFICULDADES DA CONTEXTUALIZAÇÃO PELA  
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA:  
O EPISÓDIO DA DUPLA-HÉLICE DO DNA**

---

Londrina  
2009

**VÂNIA DARLENE RAMPAZZO BACHEGA OLIVEIRA**

**AS DIFICULDADES DA CONTEXTUALIZAÇÃO PELA  
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA:  
O EPISÓDIO DA DUPLA-HÉLICE DO DNA**

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

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva

Londrina  
2009

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação -na-Publicação (CIP)**

O48d Oliveira, Vânia Darlene Rampazzo Bachega.  
As dificuldades da contextualização pela história da ciência no ensino  
de biologia : o episódio da dupla-hélice do DNA / Vânia Darlene  
Rampazzo Bachega Oliveira. – Londrina, 2009.  
96 f.

Orientador: Marcos Rodrigues da Silva.  
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação  
Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências  
Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação  
Matemática, 2009.  
Inclui bibliografia.

1. Biologia – Estudo e ensino – Teses. 2. Ciência – Filosofia – Teses.  
3. Ciência – História – Teses. I. Silva, Marcos Rodrigues da. II.  
Universidade  
Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de  
Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática.  
III. Título.

CDU 574:37.02

**VÂNIA DARLENE RANPAZZO BACHEGA OLIVEIRA**

**AS DIFICULDADES DA CONTEXTUALIZAÇÃO PELA  
HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA:  
O EPISÓDIO DA DUPLA-HÉLICE DO DNA**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva  
Universidade Estadual de Londrina

---

Profa. Dra. Rosana Figueiredo Salvi  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro  
Universidade Estadual Paulista

Londrina, 08 de Julho de 2009.

“Dedico este trabalho a todas as pessoas que como eu, acredita que à educação pode mudar a vida de um menino e o caráter de um homem”.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom e segredo da vida, e por estar sempre do meu lado nas horas de dificuldades;

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva, pelas orientações e por partilhar comigo seus conhecimentos;

Aos Profs. da comissão examinadora, Profa. Dra. Rosana Figueiredo Salvi e Prof. Dr. Marcelo Carbone Carneiro por suas contribuições acadêmicas;

Aos alunos do Curso de Licenciatura do Curso de Ciências Biológicas que participaram deste trabalho sempre com muito entusiasmo;

Ao meu esposo, Prof. Ms. Francisco José de Abreu Oliveira cujas contribuições foram imprescindíveis para a realização deste trabalho;

Aos meus filhos, Pedro Antonio e Maria Júlia, razões da minha vida, pela tolerância nos períodos que estive ausente;

À minha mãe Margarida, por sempre acreditar que eu chegaria ao fim desta jornada;

À minha grande amiga e irmã de coração Profa. Ms. Eliana Guidetti do Nascimento minha eterna gratidão, por tudo que ela fez por mim, fazendo-me acreditar sempre que os sonhos são possíveis.

Toda observação deve ser a favor  
ou contra alguma visão, para ter  
qualquer utilidade.

Charles Darwin (1903)

OLIVEIRA, Vânia Darlene Rampazzo Bachega. **As Dificuldades da Contextualização Histórica no Ensino de Biologia:** o episódio da dupla-hélice do DNA. 2009. 92f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

## RESUMO

O presente trabalho pretende discutir a contextualização dos conteúdos por meio da utilização da História e Filosofia da Ciência com alunos em formação inicial do terceiro ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. O objetivo do trabalho é apontar se existem ou não dificuldades para se contextualizar os conteúdos, utilizando-se da História e Filosofia da Ciência como uma alternativa metodológica para contemplar esta contextualização. Contextualização esta, proposta por Machado (2005), no sentido que contextualizar o conhecimento no próprio processo de sua produção é criar condições para que o aluno experimente a curiosidade e o encantamento da descoberta e a satisfação de construir seu conhecimento com autonomia. Para o desenvolvimento desta proposta optou-se pelo controverso episódio histórico da construção da molécula da dupla-hélice do DNA. Os resultados apresentados apontam que a História e Filosofia da Ciência pode ser usada de forma a promover a contextualização dos conteúdos. Porém os resultados apontam também que existem importantes cuidados a serem tomados quando desta utilização, em função das dificuldades encontradas nesta abordagem.

**Palavras-chave:** Ensino de biologia. Contextualização. História e filosofia da ciência. Ensino-aprendizagem.

OLIVEIRA, Vânia Darlene Rampazzo Bachega. **The Difficulties of Historical Contextualization in the Biology Teaching:** the episode of double-stranded DNA. 2009. 92p. Dissertation (Master degree in Teaching of Sciences and Mathematical Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

### **ABSTRACT**

The present study discusses the contextualization of contents using the History and Philosophy of Science with students in first training of the third year of the Teacher Training course in Biological Sciences. The objective of the study was to indicate whether there are difficulties to contextualize contents, using History and Philosophy of Science as an alternative methodology to contemplate this contextualization. This contextualization was proposed by Machado (2005) in the sense that contextualizing knowledge of the production process itself is to create conditions so that the pupil experiences the curiosity and enchantment of discovery and the satisfaction in constructing his knowledge by himself. For the development of this proposal, the controversial historical episode of the construction of the double-stranded DNA molecule was chosen. The results presented showed that History and Philosophy of Science can be used to promote contextualization of contents, but they also indicated that great care should be taken with this use, because of the difficulties found.

**Keywords:** Biology teaching. History and philosophy of science. Contextualization. Teaching-learning.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	15
1.1 ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA NO BRASIL: BREVES CONSIDERAÇÕES .....	15
1.2 A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE BIOLOGIA: LIMITES E POSSIBILIDADES .....	32
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	45
2.1 A HISTÓRIA DO DNA .....	45
2.2 A HISTÓRIA DA DESCOBERTA DA MOLÉCULA DA DUPLA-HÉLICE DO DNA .....	46
2.3 O PAPEL DE ROSALIND FRANKLIN NA CONSTRUÇÃO DO MODELO DA DUPLA- HÉLICE DO DNA .....	60
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	65
3.1 UMA INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA .....	65
3.2 SOBRE OS SUJEITOS DA PESQUISA .....	67
3.3 SOBRE AS ETAPAS DA PESQUISA .....	68
3.3.1 Primeira Etapa .....	68
3.3.2 Segunda Etapa .....	69
3.3.3 Terceira Etapa .....	70
3.3.4 Quarta Etapa .....	71
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	73
4.1 PRIMEIRA ETAPA (AULA) .....	73
4.2 SEGUNDA ETAPA (FILME) .....	73
4.2.1 Pergunta .....	74
4.2.1.1 Respostas .....	74
4.2.1.2 Considerações .....	75
4.3 TERCEIRA ETAPA (PALESTRA) .....	75
4.3.1 Primeira Pergunta .....	76
4.3.1.1 Respostas .....	76
4.3.1.2 Considerações .....	77
4.3.2 Segunda Pergunta .....	78

4.3.2.1 Respostas .....	78
4.3.2.2 Considerações .....	78
4.3.3 Terceira Pergunta.....	79
4.3.3.1 Respostas .....	79
4.3.3.2 Considerações .....	80
4.4 QUARTA ETAPA (ARTIGO CIENTÍFICO).....	80
4.4.1 Pergunta.....	81
4.4.1.1 Respostas .....	81
4.4.1.2 Considerações .....	82
4.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS DAS QUATRO ETAPAS.....	82
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>

## INTRODUÇÃO

Vivemos hoje em uma sociedade complexa e inundada por correntes de informações, assim, auxiliados ou não pela sociedade e escola somos levados, dada à informação torrencial a que somos submetidos, a repensar e reavaliar os conceitos de ensino e aprendizagem e a reconhecer que o professor é parte integrante desta prática. Por isso, muito se tem discutido a respeito da maneira como os conteúdos têm sido trabalhados em nossas escolas, redefinindo o como e o porquê ensinar, havendo então a necessidade de ocorrer profundas alterações nas metodologias aplicadas em salas de aulas (KRASILCHIK, 2005, p. 189).

Ao analisarmos este momento histórico, Behrens (2003, p.17 apud PEDRANCINI, 2007, p. 229-309), ressalta que:

[...] um dos grandes méritos deste século, é o fato de os homens terem despertado para a consciência da importância da educação como necessidade preeminente para viver em plenitude como pessoa e cidadão na sociedade [...].

No que diz respeito à área de Ensino de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, um dos seus fins básicos é a educação científica, cujo objetivo é garantir aos alunos adquirir uma compreensão adequada da natureza da Ciência. Isto envolve compreender seu funcionamento interno e externo, ou seja, como se constrói e se desenvolve o conhecimento que esta Ciência produz, os métodos utilizados para avaliar estes conhecimentos, os valores implícitos ou explícitos nas atividades científicas, os vínculos com a tecnologia e suas relações com a sociedade e com o sistema técnico-científico, além das atribuições deste conhecimento para a cultura de uma sociedade.

Especificamente, no que diz respeito à biologia, Krasilchik (2005, p.22), nos chama a atenção ao admitir que o:

[...] ensino de Biologia entre nós, ainda como reflexo da importância de anos anteriores, limita-se a apresentar a ciência completamente desvinculada de suas aplicações e das relações que tem o dia-a-dia do estudante, amplamente determinados e dependentes da tecnologia.

Neste contexto, ainda estamos lidando com alunos que não conseguem identificar a relação entre o que estuda, entre os seus conhecimentos e o seu cotidiano, e por isso, entendem que a biologia se resume à pura memorização de nomes complexos, classificação de fenômenos e resolução de problemas que não fazem parte do seu dia-a-dia. É preciso ainda considerar que há uma compreensão restrita do que venha a ser o cotidiano por parte dos professores de biologia que trabalham nas nossas escolas. Fazendo parte deste processo educacional, a Biologia pode ser uma das disciplinas mais relevantes e merecedoras da atenção dos alunos, ou uma das disciplinas mais insignificante e pouco atraente, dependendo do que for ensinado e de que forma for ensinado.

Estas dificuldades dos alunos e professores quanto aos processos de ensino e de aprendizagem, evidenciam que há um problema, o de se contextualizar o ensino de Biologia, quando se refere à contextualização no sentido da produção do conhecimento; conhecimento este que pode ser produzido ou simulado a partir do próprio processo de sua produção de modo a oferecer meios que ele o aluno, possa criar condições para experimentar sua curiosidade, sua descoberta e sua satisfação de construir seu conhecimento com autonomia. Uma vez que, em geral, nesta relação professor-aluno nem sempre se percebe uma preocupação quanto a alguns aspectos importantes, como por exemplo, as relações que dinamizam o conhecimento, e os métodos e os valores das Ciências Biológicas, e os conhecimentos são apresentados e cobrados de forma desconexa em relação às outras áreas do conhecimento e também dentro da própria área da Biologia (KRASILCHIC, 2005, p. 13).

Em consequência da afirmação da autora acima, é muito comum, durante o estudo de um conteúdo de Biologia, os alunos demonstrarem problema de compreensão a respeito de certo conceito e mais, de relacionar este conceito a sua vida e aos seus conhecimentos. Daí decorre frisar que o problema presente pode estar localizado nas dificuldades de se contextualizar os conteúdos ensinados. Neste contexto dá para perceber que a primeira vista, não é tão simples contextualizar os conteúdos como propõe Machado (2005) de acordo com sua categoria três que iremos apresentar mais adiante. Isso gera um problema: É possível concretizar a contextualização proposta por Machado (2005), quando se refere a esta categoria 3?

Para exemplificar este fato vamos citar um exemplo claro que demonstra que isto ocorre frequentemente e naturalmente nas aulas de Biologia, exemplo este, dado por Zamberlam (2008, p.16). Esta pesquisadora relata que quando um professor ministra uma aula, por exemplo, sobre a origem da vida, para uma 1ª série do ensino médio, este professor, com base nos livros didáticos, ou até mesmo com base na sua maneira de entender o assunto, se comporta como se fosse condicionado e/ou condicionasse seus alunos a entender a evolução biológica a partir do entendimento da origem do homem na Terra, e mais, que os alunos e ele próprio, como seres humanos e partes integrantes deste sistema de evolução, se comportam como que estivessem fora do contexto do processo da evolução biológica. Por meio desta prática docente, os alunos não conseguem perceber o significado mais amplo da evolução biológica presente nas várias áreas da biologia, e conseqüentemente não compreendem o verdadeiro significado da evolução, que indica um conceito muito amplo do que simplesmente a origem do homem.

Deste modo, este trabalho, apesar de não defender a tese de que a contextualização no ensino é uma forma de resolver todos os principais problemas de ensino de ciências, em especial o de biologia, se ocupará em investigar de que modo uma abordagem contextualizada na biologia poderia ser uma auxiliar na educação científica. Entretanto, nesta investigação, nossa ênfase será a de mostrar as dificuldades dos processos de contextualização.

O primeiro capítulo está dividido em duas seções, sendo que na primeira seção veremos como as tendências do ensino de Ciências e Biologia se desenvolveu passando por décadas anteriores até chegarmos aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), e nas Diretrizes Curriculares Estaduais (DCEs) específicas para o Estado do Paraná, implantados nas décadas de 1990 e 2000, respectivamente. Acreditamos que primeiramente será necessário buscarmos na história como a Biologia se estruturou pedagogicamente no Brasil, partindo de uma breve reconstrução histórica do ensino de Biologia no Brasil, ressaltando que se trata apenas de um recorte histórico, não tendo a intenção de abranger todas as suas nuances.

O objetivo desta primeira seção é o de identificar os caminhos que conduzirá, à importância atualmente conferida à história e filosofia da ciência para o ensino de ciências, o que se justifica pelo fato de abordarmos, em seguida (na seção 2 do primeiro capítulo), a contextualização por meio da história e filosofia da ciência.

Assim, considerando que apontar as dificuldades de contextualizar os conteúdos é o objetivo do presente trabalho, apresentaremos, na segunda seção do primeiro capítulo uma revisão bibliográfica sobre o estudo da contextualização no ensino de ciências. Para que se possa ter uma compreensão destas dificuldades da contextualização, apresentaremos as concepções encontradas na literatura sob a ótica de vários autores, e em especial um destaque para as idéias de Machado (2005), em virtude de enfatizar a contextualização na produção do conhecimento. Isto caracteriza que a contextualização ao próprio ato da descoberta ou da produção do conhecimento, que pode ser produzido ou simulado, com o objetivo de poder contextualizar o conhecimento no próprio processo de sua produção criando condições para que ele, o aluno, experimente a curiosidade, o encantamento da descoberta e a satisfação de construir seu próprio conhecimento. Colocar isto em prática não é uma tarefa fácil para nenhum professor, porque ela oferece uma visão globalizada dos conceitos e um sentido mais amplo aos conhecimentos aprendidos pelos alunos.

No segundo capítulo, para iniciar a discussão a respeito das dificuldades de se trabalhar de forma contextualizada, utilizamos a história da construção do modelo da dupla hélice da molécula do DNA. Nesta história poderemos perceber vários episódios ligados entre si, e que mostram os vários aspectos da produção do conhecimento científico. Conheceremos em especial algumas controvérsias a respeito da participação de uma cientista na construção deste modelo: Rosalind Elsie Franklin, pivô de uma polêmica a respeito da construção do modelo da dupla hélice do DNA. Com base na história da construção da molécula do DNA e de suas controvérsias poderemos observar que não é tão simples se posicionar sobre o episódio, e com isso sua inserção numa aula de biologia é uma tarefa complexa. Isto reforça a idéia das dificuldades de se contextualizar os conteúdos, mesmos se utilizarmos a História da Ciência. Assim, usar a história por usar não reverte em nenhum enriquecimento ao conhecimento, e essa incorporação não pode ser feita de forma aleatória, sem uma reflexão sobre os processos de ensino e de aprendizagem.

No terceiro e quarto capítulos, de posse da história da dupla-hélice, apresentada no capítulo dois, apresentaremos uma pesquisa (capítulo 3), realizada com alunos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, do Centro Universitário Filadélfia de Londrina (UNIFIL), bem como seus resultados e

considerações finais no capítulo 4. Esta pesquisa qualitativa teve o objetivo diagnosticar as dificuldades dos estudantes quando se deparam com a história da controvérsia a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção da dupla hélice do DNA, mediante o processo da contextualização.

As atividades foram aplicadas durante as aulas da disciplina de Metodologia e Prática em Estágio Supervisionado em Ciências. Reforçando que o nosso intuito nesta investigação de abordagem qualitativa será de verificar ou apontar se existe ou não dificuldades de se contextualizar os conteúdos, e se a inserção da História da Ciência facilita ou não neste processo de contextualização dos conteúdos.

## **CAPÍTULO 1**

### **1.1 ENSINO E CIÊNCIAS E A BIOLOGIA NO BRASIL: BREVES CONSIDERAÇÕES**

Conhecer o passado histórico é tão importante quanto conhecer o presente ou mesmo o futuro, pois é pelo passado que os seres humanos são julgados, e é por este passado, que somos conhecidos. Ter o conhecimento e refletir sobre o passado das ciências implica em saber mais sobre quais são as suas origens e seus erros e muito mais, conhecer-se a si mesmo. Desta forma, conhecer a história da construção dos principais episódios científicos, que são objetos de estudos das Ciências, faz da disciplina de Biologia um instrumento que vem contribuir para uma melhor formação de professores e alunos e suas atuações em salas de aula. A abordagem histórica aproxima cognitivamente o conhecimento científico do conhecimento comum. Mas como promover esta aproximação e ao mesmo tempo contribuir para o entendimento desta forma de conhecer tão peculiar e tão sofisticada que é a ciência? Parece haver uma contradição nestes dois propósitos: se o conhecimento científico é tão diferente do conhecimento comum em seus princípios, em seus métodos e em seus caminhos, como promover uma aproximação entre estas duas formas de conhecer sem reduzir de maneira simplista uma à outra? A própria ciência nos ajudou a resolver esta contradição: a busca de aproximações faz parte do método da ciência e a abordagem histórica nos permite constatar que o saber científico não é meramente transmitido, revelado ou adquirido pela simples observação. Ele é construído a partir de referências múltiplas, num processo de ir e vir constante e incansável, num exercício de aproximação e distanciamento que engendra uma visão de mundo que se modifica a cada dia, num processo de dialetização permanente. Contudo não se pode reconstruir o que não se conhece como objeto de reconstrução. A história ajuda a reconhecer a ciência como uma reconstrução possível.

Paul Langevin, físico francês do século XIX, defendia que o estudo da história da ciência enriquecia a compreensão dos fatos atuais, pois revela uma visão ampla da cultura como instrumento de adaptação do homem ao mundo que o cerca (CASTRO, 2006, p.103).

Para Gil (1986), a história da ciência é a ferramenta que auxilia a construção de conceitos e a construção de uma metodologia própria do conhecimento científico, além de resgatar a ciência como objeto de construção, portanto, como processo. Seu uso em situações de ensino resgata também o sujeito e a possibilidade de estabelecer a causalidade, ajudando, assim na construção de significados.

Assim, na visão de Martins (2006, p.12), “[...] a História das Ciências nos apresenta uma visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar no estudo didático dos resultados científicos (conforme apresentados nos livros-textos de todos os níveis)”.

Porém para compreendermos melhor como o ensino de Biologia se estabeleceu no cenário educacional, faz-se necessário remetermo-nos às décadas passadas de 30 e 40 do século passado até os dias de hoje, reconstruindo a história da Biologia, enquanto disciplina no atual Ensino Médio, partindo do cenário internacional e chegando até as políticas públicas do estado do Paraná. Para que isto possa se tornar mais claro, a seguir faremos uma breve reconstrução histórica do ensino da Biologia, sem deixar de lado o ensino de Ciências, ressaltando que esta reconstrução trata-se apenas de um recorte histórico, não tendo a intenção de esgotar o assunto ou abranger todas as suas nuances, além de considerar de que todos os momentos históricos relacionados à Biologia representam como ocorreu a construção do pensamento biológico.

Propostas pedagógicas podem ser conduzidas tendo por base a dimensão histórica da educação, mesmo porque as experiências já realizadas servirão de sustentáculos para novas investidas. Neste contexto, os jesuítas foram os primeiros educadores a se destacarem nos primórdios da educação brasileira, foram os primeiros a fornecerem os ensinamentos de Gramática Latina e Leitura, e o ensino religioso. A vinda da família real para o Brasil e a nossa independência foram fatores que também contribuíram para que se orientasse a educação brasileira para a formação das elites pensantes e dirigentes. O ensino secundário nesse período durava sete anos, e a maior parte do tempo (60% das aulas) era dedicada ao estudo da Humanidade e 20% dedicado ao ensino de Ciências (PARANÁ, 2006, apud ALQUININI; SAMPAIO, p. 176-177).

No Brasil, a primeira tentativa de organização de ensino correspondente ao atual ensino médio foi à criação do Colégio D. Pedro II, no Rio de

Janeiro em 1838, com poucas atividades didáticas nas Ciências como à História Natural, Química, Física e a Matemática, e com predomínio da formação humanista (PARANÁ, 2006, p. 21).

Neste período, a Ciência era entendida como a busca da verdade com base no pensamento biológico mecanicista, (uma forma de ver os sistemas biológicos como uma máquina), baseado nas idéias de que todos os fenômenos da vida têm um encadeamento e todos podem ser explicados mecanicamente. Quanto ao ensino de Biologia, este mantinha a sua tradição descritiva, que é a “expressão da natureza idealizada pelo sujeito racional” (RUSS, 1994, p. 360-363). Este sistema descritivo possibilitou a organização da Biologia pela comparação das espécies coletadas em diferentes locais. Tal tendência refletiu a atitude contemplativa e interessada em retratar a beleza natural, com a exploração empírica da natureza pautada pelo método da experimentação e descrição, o que caracterizou o pensamento biológico descritivo. Sua metodologia estava centrada em aulas expositivas, com adoção de livros didáticos importados da França, os quais procuravam trazer informações atualizadas relativos à área, além de ser adotado o método experimental para realizar experimentos práticos, como um instrumento de reforço às teorias científicas (BARRA; LORENZ, 1986). Quanto aos conteúdos básicos trabalhados nessa época, tinham prioridades as biografias de cientistas importantes e a demonstração de seus experimentos. O método de ensino estava centrado na exposição, memorização e repetição e os conteúdos programáticos propostos para as disciplinas que englobavam o estudo do ar, da água, e da terra e consideravam as perspectivas físicas, químicas, cósmicas, biológicas e sociais ao abordar os conteúdos específicos de cada área científica (FERREIRA et al., 1999 apud PARANÁ, 2006, p.18).

Na revolução de 1930 o ensino sofre uma reestruturação, a duração do curso secundário na Primeira República oscilou de quatro a sete anos, com uma redução de carga horária destinada a Humanidades para cerca de 40% e aos Estudos Sociais 13,3%, em benefício da Matemática e Ciências que passaram a deter 27,3%, restando 18,2% para outras atividades. (KRASILCHIK, 2005, p14.)

Com a criação do Ministério de Educação e Cultura (MEC), em 1930 logo após a chegada de Getúlio Vargas ao poder, com o nome de Ministério da Educação e Saúde Pública, a instituição desenvolvia atividades pertinentes a vários ministérios como saúde, esporte, educação e meio ambiente. Até então os assuntos

da educação eram tratados pelo Departamento Nacional ligado ao Ministério da Justiça e com a inclusão de um capítulo sobre educação na Constituição de 1934, a educação passa a se articular como um conjunto de elementos interrelacionados em vista de uma finalidade. Neste momento, a formação universitária passa a ser obrigatória a todos os professores de todas as escolas e a predominância de Ciências Naturais e Biológicas as tornam relevantes aos pretendentes às áreas médicas.

Na década de 1950 a importância do ensino das Ciências cresceu em todos os níveis e passou a ser objeto de movimentos em busca de reformas educacionais, à medida que a tecnologia e a ciência foram reconhecidas essenciais para o desenvolvimento econômico cultural e social (KRASILCHIK, 2000, p. 32).

Ainda na década de 50 a Biologia era dividida em Botânica, Zoologia, Biologia Geral e História Natural, cujo objetivo central era pautado em valores educativos ou formativos relacionados ao desenvolvimento dos alunos, a valores culturais relacionados nas contribuições para os diferentes grupos sociais nos quais os alunos estavam inseridos e a valores práticos referindo-se a aplicação de conhecimentos e objetivos utilitários (KRASILCHIK, 2005, p. 13).

A estruturação do programa referente à História Natural refletia claramente a grande influência do ensino europeu evidenciado por meio dos livros didáticos e por professores estrangeiros que vieram trabalhar em nossas escolas superiores, principalmente na Faculdade de Filosofia e Ciência e Letras da Universidade de São Paulo. Neste período o ensino tratava os conteúdos separados de suas relações filogenéticas, de forma que as aulas práticas tinham como meta somente ilustrar as aulas teóricas.

Após a segunda Guerra Mundial, entre 1950 e 1960, um movimento universal por reformas teve origem a partir dos Estados Unidos e da Inglaterra. Os americanos preocupados com a competição tecnológica, com a possibilidade de uma supremacia da União Soviética, com a explosão da primeira bomba H e o lançamento em 1957 do Sputnik (o primeiro satélite artificial a orbitar a Terra). Começaram a reformular seus currículos, sugerindo projetos como o PSSC – *Physical Science Study Committee*, o BSCS – *Biological Science Curriculum Study* e o ESCP - *Ebert Science Curriculum Project*, entre vários outros.

Paralelamente, na Inglaterra a insatisfação dos professores de Ciências também acabou provocando reformas, cujo resultado foi o surgimento do

*Nuffield Foundation's Science Teaching Project*, com forte influência de pesquisadores universitários (KRASILCHIK, 2005, p. 15).

No Brasil, este trabalho em prol da melhoria no ensino de Ciências foi iniciado na Universidade de São Paulo, no Instituto Brasileiro de Educação, Ciências e Cultura (IBECC), criado em 1946 por um grupo de professores liderados por Isaias Raw trabalho este, que posteriormente se estendeu para outras universidades de outros estados brasileiros, cujo objetivo foi à confecção de materiais didáticos para o ensino de Biologia (e das ciências como um todo), para promover a melhoria da formação científica dos alunos que ingressariam no ensino superior e assim contribuir de forma significativa ao desenvolvimento nacional (BARRA; LORENZ, 1986, p. 1971).

Este Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura (IBECC), na década de 60 se dedicavam à preparação de materiais para o ensino prático de Biologia e optou por adaptar-se a dois projetos do Instituto *Biological Science Curriculum Studies* (BSCS) dos Estados Unidos, ambos destinados às escolas de ensino médio, que tiveram ampla difusão e influenciaram em muito no ensino de Biologia do Brasil. Estes projetos tinham como objetivo fazer com que os alunos pudessem adquirir conhecimentos atualizados e representativos das Ciências Biológicas e vivenciar o processo científico; porém é necessário reforçar que isto não ocorreu de forma efetiva a proporcionar aos alunos a oportunidade de participarem nos processos de pesquisas científicas. Mesmos com estas inovações e variantes, o ensino médio ainda continuava em uma forma descritiva, com excessos de terminologias, sem vinculações com a análise do funcionamento das estruturas biológicas contribuindo em muito para reforçar um ensino teórico, enciclopédico, que estimulava a passividade e exigia conhecimentos fragmentários e irrelevantes (KRASILCHIK, 2005, p. 16).

Ainda na década de 1960 a situação mudou em função de três fatores: 1- O progresso da Biologia, com todas suas produções científicas, referindo-se a explosão do conhecimento biológico que provocou uma transformação na tradicional divisão da botânica e zoologia passando do estudo das diferenças para as análises de fenômenos comuns a todos os tipos de seres vivos. Essa análise, feita em todos os níveis da biologia foi desde a organização das moléculas a comunidades, e que teve como consequência incluir um novo espectro de assuntos, indo desde a ecologia e genética de populações até a genética molecular e

bioquímica, 2 - A constatação nacional e internacional da importância do Ensino das Ciências, como o fator de desenvolvimento e 3 - A Lei de Diretrizes de Bases da Educação nº 4024/61, de 02 de dezembro de 1961 (LDB/4024/61) transferindo estas decisões curriculares para um sistema de cooperação entre a União, os Estados e Municípios. (KRASILCHIK, 2004, p. 14).

Paralelo à evolução das Ciências, no Brasil e no resto do mundo, surgiram movimentos destinados a melhorar o ensino das Ciências, e dentre elas a Biologia. Estes movimentos, embora de origens diferentes, tinham características semelhantes, eram liderados por cientistas preocupados com a formação de jovens, dos quais emergiriam os futuros cientistas. Decorrentes das pesquisas realizadas nas diferentes áreas da Biologia, nesta época, destacam-se a importância ao método científico, que foi pela primeira vez formalizado por Francis Bacon<sup>1</sup> que de forma geral é por nós entendido como um conjunto de regras básicas para desenvolver uma experiência a fim de produzir novo conhecimento, bem como corrigir e integrar conhecimentos pré-existentes, e mais um conjunto de processos a serem vencidos ordenadamente na investigação da verdade. Ainda nesta década, surgiram os Centros de Ciências, cuja iniciativa partiu de um grupo de professores da Universidade de São Paulo e desde então, outros centros foram criados pelo Ministério de Educação de Cultura (MEC), com a finalidade de melhorar o ensino de Ciências. Estes centros treinavam professores, produziam e distribuíam materiais didáticos para as escolas.

Entre 1946 e 1964, várias campanhas visando à ampliação e à melhoria do atendimento escolar foram desenvolvidas, incluindo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1961) que foi a primeira lei a englobar todos os graus e modalidades do ensino, objetivando princípios de liberdade e solidariedade humana, com currículos diversificados e matérias obrigatórias. A disciplina de Ciências, no então 1º Grau, passa a ser disciplina obrigatória indicada pelo Conselho Federal de Educação.

Da mesma forma que os outros setores da vida nacional, a educação brasileira a partir de 1964, foi vítima do autoritarismo que se instalou no país, reformas foram efetuadas em todos os níveis de ensino e impostas sem a participação de professores, alunos e de outros setores da sociedade. A

---

<sup>1</sup> Político, filósofo e ensaísta inglês, nascido em Londres 1561 e falecido em 1626. É considerado por muitos como o fundador da ciência moderna.

organização das Universidades em unidades, não mais centradas na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, dificultou a integração entre os estudantes e as matérias filosóficas, importantes por estimularem a reflexão e as discussões e estas matérias filosóficas tornaram-se optativas para uma grande parte de estudantes.

No período após 1964, o Ensino de Biologia, na medida em que se busca um ensino objetivo e tecnicista, desconsidera o aspecto histórico, social e o contexto de construção do pensamento biológico. Nesta tendência segundo Borges e Lima (2007), passaram então a ser relevante os conteúdos de ensino derivados da ciência objetiva, em detrimento daqueles derivados da subjetividade.

Na década de 1970, segundo Krasilchik, (2005, p.16) o projeto nacional da ditadura militar que estava no poder era o de modernizar o país. O ensino de ciências era considerado importante componente para a preparação de um corpo qualificado de trabalhadores, conforme estipulado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação, promulgada em 1971 (LDB, Lei 5692/71), que fixava as Diretrizes e Bases do Ensino de 1º e 2º graus.

A Lei das Diretrizes e Bases da Educação traz em seu artigo 1º, parágrafo único *“O ensino de 1º e 2º grau tem por objetivo geral proporcionar ao educando a formação necessária ao desenvolvimento de sua potencialidade como elemento ou auto-realização, qualificação para o trabalho e para o exercício da cidadania”*.

O ensino foi então reorganizado. Este período foi marcado por contradições, pois ao mesmo tempo em que esta lei valorizava as teorias das disciplinas científicas, nas salas de aulas, estas teorias científicas eram prejudicadas pelo currículo formado por disciplinas que tinham o objetivo de ligar o aluno ao mercado de trabalho (predomínio da técnica); em síntese, o aluno, na prática, deveria ser preparado apenas para se tornar mais um trabalhador, porém, na teoria a lei afirmava que tinha por objetivo a formação de um cidadão consciente com condições de se ater aos problemas ambientais da época, e mais de prever seu agravamento no futuro bem como suas conseqüências.

Conforme Krasilchik (1987, p.18, apud PARANÁ, 2006, p.23), a escola secundária deve servir nesta década de 70 não mais à formação do futuro cientista ou profissional liberal, mas principalmente ao trabalhador, peça essencial para responder às demandas do desenvolvimento.

Esta situação começou a mudar no final da década de 70, quando os movimentos populares exigiram a democratização do país, e as crises econômica e social passaram a afetar o Brasil. Neste cenário nacional, coube a escola o papel de garantir os recursos humanos para enfrentar a guerra tecnológica que estava por vir, e o compromisso de cumprir planejamentos foi, então, invocado, tornando-se crucial fazer com que o aluno, mais que o programa, passasse a ser o centro das preocupações do professor (TRIVELATO, 1993, p.89).

Nesta mesma época, na maioria das vezes as proposta do ensino das Ciências eram agrupadas em títulos, como Educação em Ciência para a Cidadania ou Ciência, Tecnologia e Sociedade, devendo facilitar as mobilidades social do individuo e contribuir para o desenvolvimento do país (HURD, 1986 apud KRASILCHIK, 2005, p. 16).

Segundo Krasilchik (2005, p.16), nesse período o ensino de Ciências no país apresentava-se contraditório. Primeiro porque, embora documentos oficiais da LDB 5692/71 valorizassem as disciplinas científicas, o período de ensino a elas disponibilizado fora reduzido por força de um currículo de viés tecnicista, fortemente impregnado por um caráter profissionalizante. Segundo porque, apesar de os currículos apresentarem proposições que enfatizassem a aquisição de conhecimentos atualizados e a vivência do método científico, o ensino das Ciências na maioria das escolas brasileiras continuou a ser descritivo, segmentado e teórico.

Em síntese, nas décadas de 60 e 70, considerando o nível de desenvolvimento da industrialização na América Latina, a política educacional vigente priorizou como finalidade para o ensino médio, a formação de especialistas capazes de dominar a utilização de maquinarias ou de dirigir processos de produção. Esta tendência levou o Brasil, na década de 1970, a propor a profissionalização compulsória, estratégia que também visava diminuir a pressão da demanda sobre o ensino superior.

Os anos 80 caracterizaram-se por proposições educacionais desenvolvidas por diversas correntes educativas, todas elas refletindo os anseios nacionais de redemocratização da sociedade brasileira. Crítica, emancipação e educação como prática social, eram expressões presentes na preocupação com a reconstrução da sociedade democrática, e isso como já mencionado anteriormente, repercutiu também no ensino das Ciências e a gama de projetos desenvolvidos nessa década apresentou grande variabilidade de concepções sobre o ensino das

Ciências, mobilizando instituições de ensino de vários tipos, como secretarias de educação, universidades e grupos independentes de professores.

Em meio à crise econômica, política e social dos anos 80, o mundo se encontrava em competição tecnológica, enquanto que o Brasil vivia uma transição política, com o fim da ditadura. Este período foi marcado pela massificação da educação. Uma perspectiva crítica à educação se expressava por meio da organização de novos currículos, de modo que a democratização acabaria por influenciar o ensino das Ciências. Começaram as discussões a cerca de sua função social da educação, com temas relacionados à prática social, e conseqüentemente surgiram às críticas quanto às concepções de ciência, que prevaleciam nos projetos inovadores para o ensino das Ciências.

É importante ressaltar, mais uma vez, que a década de 80 no Brasil foi marcada por crise econômica e mudanças políticas significativas; como a transformação do regime totalitário para a construção de uma sociedade democrática. Surge então no Brasil um amplo movimento pedagógico que seria fonte de inspiração para os modelos de aprendizagem, para a análise do processo de produção do conhecimento na Ciência, e assim, nas pesquisas passa-se a adotar o modelo de análise dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os conhecimentos científicos (ASTOLFI; DEVELAY, 1991).

No início dos anos 90 ainda se verifica no ensino uma tendência descritiva, e surge então outro campo de pesquisa ainda relacionada à anterior, o conceito de mudança conceitual, de forma que os estudos buscavam compreender explicações previamente existentes com análises no conhecimento do aluno, no processo de mudança para uma explicação científica, demonstrando dominar a concepção científica de um determinado conteúdo. O conceito de mudança conceitual de acordo com Mortimer (1994), corresponde no processo da aprendizagem um modelo de ensino para lidar com as concepções dos estudantes e transformá-las em conceitos científicos. Segundo o mesmo autor este conceito foi proposto inicialmente para explicar ou descrever “as dimensões substantivas” do processo pelo quais os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceito para outro, incompatível com o primeiro. Mudança conceitual se tornou sinônimo de “aprender ciências”, o que não significa que haja um consenso a cerca do seu significado. Nesta década, inicia-se a discussão do ensino por pesquisa. Nesta modalidade, segundo Campos e Nigro (1999, p.36) o

aluno tem papel ativo, porém o trabalho do professor não se encontra fora de foco. E as atividades experimentais são consideradas importantes, porém, não se resumem a executar uma receita, o aluno pesquisa, infere e participa do processo.

Em virtude das várias críticas ao contexto educacional, o Estado do Paraná, junto à Secretaria de Estado da Educação do Paraná propôs, naquele momento, o Currículo Básico para a Escola Pública e Reformulação do 2º Grau. A proposta deste documento teve por base a pedagogia histórico-crítica. Esta perspectiva histórico-crítica foi definida por Dermeval Saviani como expressão de uma pedagogia que se empenhasse em compreender a questão educacional do movimento histórico objetivo. Isso significava compreender a educação no contexto da sociedade humana, e como ela está organizada e por conseqüência a possibilidade de se articular uma proposta pedagógica cujo compromisso seria a transformação da sociedade (SAVIANE, 1989 apud TEIXEIRA, 2003, p.177-190).

Este novo programa analisava as relações entre escola-trabalho-cidadania, como veremos abaixo:

Nesta perspectiva, o ensino de 2º Grau deve propiciar aos alunos o domínio dos fundamentos das técnicas diversificadas, utilizados no processo de produção e não o mero adestramento de técnicas produtivas. Esta concepção está a exigir medidas a curto, médio e longo prazo, voltadas ao suprimento e apoio à Rede Estadual de Ensino, visando propiciar meios para que ela cumpra suas funções e atinja plenamente seus objetivos, incluindo medidas de avaliação da atual política educacional, como também, das estratégias utilizadas para viabilização das práticas pedagógicas (PARANÁ-SEED, 1993 apud PARANÁ DCE de Biologia, 2006, p.24).

Este documento apresentava para o ensino da disciplina de biologia especificamente uma proposta que estabelecia temas que envolviam as respectivas ciências de referência da biologia e algumas noções do desenvolvimento científico e tecnológico. Intrinsecamente este documento buscava uma alternativa metodológica para o ensino e, também para que alunos e professores tivessem uma visão mais ampla quanto possível da biologia, uma vez que a biologia ainda era ensinada valorizando mais suas partes do que seu todo. Sob esta perspectiva Cunha (1988, p.36 apud PARANÁ, 2006, p.24) afirma que:

A realidade não é aprendida nas partes que as compõem, mas sim na relação destas partes com a totalidade. Portanto, a fragmentação dos conteúdos de biologia, como também sua abstracidade e sua neutralidade, não se encontram nela mesma, mas sim no método construído pelo sujeito [...], que divide a realidade em partes como divide pensamento e ação, conteúdo e forma, teoria e prática.

No estado do Paraná este documento foi usado como referência até o final da década de 1990, quando surge, no cenário nacional, uma reestruturação do Ensino Médio.

O ensino médio no Brasil teve sua nova identidade em meados de 1996, a partir da promulgação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação, a LDB 9394/96 e da posterior publicação das Diretrizes Curriculares de Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), o que implicou em uma reorientação em toda sua estrutura curricular nas escolhas didáticas e nas práticas educacionais, com o objetivo comum de superar a transmissão dos conteúdos com um fim em si mesmo, ancorado apenas no acúmulo de informações. Tratando-se, portanto de reconhecer que a vocação do ensino médio pretendido pela proposta de reforma vislumbra objetivos educacionais mais amplos (RICARDO; ZYLBERSZTAJN, 2008, p. 257-274).

Para o final dos anos 90, o Ministério da Educação e Cultura (MEC), colocou à disposição da comunidade escolar os Parâmetros Curriculares Nacionais, primeiro para o Ensino Fundamental e depois para o Ensino Médio (PNCs), uma proposta de reorganização curricular coerente com o ideário presente na Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96). Considerando que o papel das Ciências Naturais é o de colaborar para a compreensão do mundo e suas transformações, situando o homem como indivíduo participativo e integrante do Universo (BRASIL, 2001, p.15 apud KRASICHIK, 2006, p.18). Em 1998 foram promulgadas as Diretrizes Curriculares nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), e o ensino passou a ser organizado em áreas de conhecimento, ficando a Biologia agrupada na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Esses documentos consideram quatro alicerces para a educação: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser.

Segundo o próprio documento, podemos caracterizar o primeiro alicerce do seguinte modo:

Aprender a conhecer: considera-se a importância de uma educação geral. Suficientemente ampla, com possibilidade de aprofundamento em determinada área do conhecimento. Prioriza-se o domínio dos próprios instrumentos do conhecimento, considerando como meio e fim. Meio enquanto forma de compreender a complexidade do mundo, condição necessária para viver dignamente, para desenvolver possibilidades pessoais e profissionais e para se comunicar. Fim, porque seu fundamento é o prazer de compreender, conhecer e descobrir. Aprender a conhecer garante o aprender a aprender e garante o passaporte para a educação permanente, na medida em que fornece as bases para continuar aprendendo ao longo da vida (BRASIL, 1999, p. 33 e 34).

O alicerce “aprender a fazer” é assim caracterizado:

Desenvolvimento de habilidades e o estímulo do surgimento de novas aptidões tornam-se processos essenciais na medida em que criam as condições necessárias para o enfrentamento das novas situações que se coloca. Privilegiar a aplicação da teoria e enriquecer a vivência da Ciência na tecnologia e destas no social passam a ter uma significação especial para o desenvolvimento da sociedade contemporânea (BRASIL, 1999, p. 33 e 34).

O alicerce intitulado aprender a viver é assim definido no documento:

“Trata-se de aprender a viver juntos, desenvolvendo conhecimento do outro e a percepção das interdependências de modo a permitir a realização de projetos comuns ou a gestão inteligente dos conflitos inevitáveis” (BRASIL, 1999, p. 33 e 34).

Finalmente o último alicerce, aprender a ser, é definido como:

A educação deve estar comprometida com o desenvolvimento total da pessoa. Aprender a ser supõe a preparação do indivíduo para elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir por si mesmo frente às diversas circunstâncias da vida. Supõe ainda exercitar a liberdade de pensamento, discernimento, sentimento e imaginação, para desenvolver os seus talentos e permanecer tanto quanto possível, dono do seu próprio destino. (BRASIL, 1999, p. 33 e 34).

Aprender a viver e aprender a ser decorrem, assim das duas aprendizagens anteriores, aprender a conhecer e aprender a fazer, e devem

constituir ações permanentes que visem a formação do aluno como pessoa e cidadão. De acordo com o PCNs do Ensino Médio (1999, p.30), a partir destes princípios gerais, o currículo deve ser articulado em torno de eixos básico orientadores da seleção de conteúdos significativos, tendo em vista as competências e habilidades que se pretende desenvolver.

O ensino de Biologia, especificamente, é tratado nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) de 1999 e complementado nos Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio (PCN+Ensino Médio) de 2002, que explicitam a intenção de orientar a construção de currículos, levando em conta questões atuais decorrentes das transformações econômicas e tecnológicas provocadas pelo aumento das interdependências entre as nações.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) enfatizam o desenvolvimento de Competências e Habilidades, as quais, de forma geral, formam uma categorização difícil de ser compreendida pelos professores. Segundo Valente (2002, p.32) em sua tese de doutoramento, apresenta uma crítica ao PCNs onde a autora afirma que os PCNs e as Diretrizes do Ensino Médio omitem os conceitos de competências e habilidades; afirma ainda que no PCNEM o quadro que consta ao final de cada área e disciplina traz as respectivas competências e Habilidades como se ambas fossem idênticas; o último ponto focado pela autora é o uso dos termos. Em determinados momentos o termo competência encampa o termo habilidade em outros momentos o documento diferencia os dois conceitos.

Não discutiremos a definição desses termos, em especial em virtude da polissemia dos mesmos e por não acreditarmos que esta discussão seja relevante dentro do nosso trabalho. Porém usaremos, a título de exemplificação, uma definição que nos parece próxima do que consideramos mais razoável. De acordo com o professor Vasco Moretto (apud MELLO, 2000, p.65).

As habilidades estão associadas ao saber fazer: ação física ou mental que indica a capacidade adquirida. Assim, identificar variáveis, compreender fenômenos, relacionar informações, analisar situações-problema, sintetizar, julgar, correlacionar e manipular são exemplos de habilidades. Já as competências são um conjunto de habilidades harmonicamente desenvolvidas e que caracterizam, por exemplo, uma função/profissão específica: ser arquiteto, médico ou professor de química. As habilidades devem ser desenvolvidas na busca das competências.

Esses documentos divulgam a implantação de um currículo nacional, porém com algumas ressalvas, que não seja um currículo homogêneo e impositivo. No âmbito do ensino de Ciências em geral, e na Biologia, pretendeu-se enfatizar temas comuns relacionados a ambiente, saúde e ser humano, além de aspectos práticos e cotidianos dos alunos.

As reações da comunidade escolar em relação a este Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) são variadas, indo desde a contestação política passando por críticas à aspectos pontuais e localizadas em questões específicas, até sua aceitação como sendo um caminho possível para a construção de uma educação mais próxima das necessidades e expectativas do crescente números de jovens que ingressam no ensino médio. Particularmente na área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, a implantação deste documento nas salas de aulas enfrentou grandes dificuldades, uma vez que não foi discutido nas escolas, sendo portanto pouco compreendido por alguns professores, chegando ao ponto de ser até renegados por outros (RICARDO; ZYLBERSYAJN, 2007). Tudo isto somado à falta de políticas educacionais que viabilizassem tais discussões, acompanhadas de formação continuada de professores e de ações afetivas para modificar a estrutura escolar ainda centralizada e apoiada em cargas horárias pesadas para professores, cujas práticas se resumem em ministrar aulas.

Segundo KRASILCHIK (2005, p. 20):

O impacto dos PCNs foi relevante no currículo teórico elaborado por entidades oficiais e autores de livros, entre outros. O reflexo em sala de aula ainda está para ser avaliado, embora dados preliminares indiquem que os professores criticam tanto a tentativa da homogeneização, como o seu distanciamento das discussões da elaboração do material e de um projeto amplo que envolva todas as ações da escola.

O governo do Estado do Paraná, na figura da Secretaria de Educação (SEED) aponta que esse referencial torna-se prejudicial à educação na medida que as competências e habilidades são enfocada em detrimento dos conteúdos (PARANÁ, 2009).

Assim, em função das mudanças educacionais ocorridas no cenário político e educacional, nos anos 2000, o Estado do Paraná, percebendo uma

descaracterização do objeto de estudo das Ciências e buscando sua retomada, envia para as Escolas da Rede Pública do Paraná em 2003, as Diretrizes Curriculares Estaduais da Educação Básica, um documento oficial, que traz as marcas de sua construção, ou seja, traz em si por meio de seminários, simpósios encontros e cursos de formação continuada envolvendo os professores da educação básica, além de pedagogos, técnicos dos Núcleos Regionais de Educação e representantes da Secretaria de Estado da Educação (SEED), que pela primeira vez constroem ao longo de três anos um documento que traz, segundo o próprio documento, as marcas da realidade escolar e a fala vivenciada pela prática dos professores que são, as Diretrizes Curriculares para a Educação Básica (DCE) específicas para cada uma das disciplinas que compõem a grade curricular do ensino médio (PARANÁ, 2006, p.7).

É importante ressaltar que o estado do Paraná teve a liberdade de promover essa reestruturação em virtude do documento oficial - os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) – que embora não tendo força de lei, é apenas um indicativo. Qualquer dos estados da federação pode seguir ou não os encaminhamentos propostos nos Parâmetros, levando em conta sua realidade.

Este documento de forma geral organiza-se a partir as disciplinas que compõem a Base Nacional Comum e a parte Diversificada das disciplinas curriculares. De forma que as disciplinas constituem-se de uma abordagem sobre sua dimensão histórica, com ênfase na problematização das relações entre as Ciências de referências e a disciplina escolar, os percursos das disciplinas no âmbito escolar, destacando-se os mais recentes indicativos que marcaram a história da Educação no Paraná, como foi feito com a criação do Currículo Básico, a Proposta de reformulação do segundo grau e os próprios PCNs.

Nestas Diretrizes foram feitas análises da História da Ciência das disciplinas escolares, definiu-se os conteúdos estruturantes das disciplinas, que neste caso chamou-se “saberes escolares”, os quais foram considerados fundamentais para a compreensão de objetos de estudo das referidas áreas do conhecimento, os conteúdos estruturantes, os encaminhamentos metodológicos e avaliação. Este documento traça estratégias que visam nortear o trabalho do professor e garantir a apropriação dos conhecimentos pelos alunos da rede pública. Os princípios que fundamentaram a construção destas Diretrizes solicitam aos professores um engajamento na contínua reflexão sobre o ensino para que sua

participação crítica, constante e transformadora efetive a transformação das escolas com um currículo dinâmico e democrático.

Em linhas gerais este documento foi o resultado de um esforço coletivo de todos os profissionais da educação, como um documento orientador do currículo e do trabalho docente em sala de aula. Especificamente a Diretriz Curricular de Biologia apresenta os fundamentos teórico-metodológicos a partir dos quais definem se os rumos da disciplina Biologia seja no que se refere ao tratamento a ser dado aos conteúdos - por meio dos procedimentos metodológicos e avaliativos - seja na orientação para a seleção dos conteúdos e do referencial bibliográfico.

Mas uma coisa é clara, esta ou qualquer implantação de mudança na educação depende de muitas variáveis, dentre as quais podemos destacar a capacitação continuada dos professores, a produção de material didático-pedagógico e de apoio, bem como a participação de toda a comunidade escolar.

As reformas curriculares já algum tempo buscam melhorar a qualidade do ensino das ciências. Porém encontram inúmeras barreiras.

Do que vimos até aqui nesta breve apresentação histórica, podemos destacar a idéia geral de uma transformação, ao longo da história, das diretrizes oficiais para o estabelecimento de propostas ao ensino de ciências. Assim, foi possível observar que passamos de ênfases tecnicistas ao reconhecimento da importância de aspectos culturais ligados à produção do conhecimento científico. Dentre estes aspectos, citamos o exemplo do Estado do Paraná, e um destes aspectos é o da inclusão da História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências. Entretanto, os documentos apenas recomendam tal utilização, sem é claro – e talvez isto nem seja a função dos documentos oficiais – observar as dificuldades de implantação desta inclusão especificamente. Assim, se é verdade que podemos dizer que estamos desenvolvendo – desde o início da educação brasileira em ensino de ciências até os dias de hoje – novas formas de compreensão do ensino de ciências que valorizam uma multiplicidade cultural, não se pode entretanto dizer que já temos clareza a respeito de como estas multiciplidades pode se apresentar na prática e por conseguinte para os alunos. Diante disso podemos dizer que as reformas curriculares já há algum tempo buscam melhorar a qualidade do ensino da ciências. Porém encontram inúmeras barreiras e no que tange à contextualização por meio da história e filosofia da ciência, as dificuldades são realmente muito grandes.

Em relação às dificuldades encontradas para efetivar qualquer proposta de mudança no ensino, a partir da utilização da história e filosofia da ciência, Matthews (1994), ressalta que muitos são os motivos para que isso ocorra, independente do país. Vale ressaltar que estamos aqui discutindo as reformulações que levem em conta a utilização da história da ciência como elemento capaz de auxiliar na contextualização dos conceitos trabalhados. Dentre as dificuldades apontadas por Matthews em relação a esse ponto, vamos destacar o seguinte: para o autor os currículos de ciências e o próprio ensino de Ciências evoluiu, ao longo do tempo, independentemente da história e da filosofia da ciência. Isso segundo Matthews contribuiu para que esse ensino fosse considerado meramente reprodutivista e memorístico. O autor destaca ainda que as análises sobre a reforma do ensino de ciências fazem-se necessárias, fundamentalmente, em função do alto nível de analfabetismo científico apresentado pelos jovens e pela grande evasão dos professores dos cursos de licenciatura nessas áreas, o que mostra a ineficiência dos currículos.

Em relação à formação de professores para o trabalho com a disciplina de ciências Matthews destaca que em alguns casos a qualidade dos cursos de licenciatura nessa área foi tão reduzida que o resultado são profissionais que não atendem as necessidades. O autor destaca a necessidade da inclusão da história e filosofia da ciência também na formação dos futuros professores, uma vez que esses deverão trabalhar com seus alunos sob esse enfoque.

Matthews (1994), ressalta ainda que é importante salientar que não se pretende, nas mudanças curriculares, que se substitua a ciência pela história da ciência, o que se pretende é que o aluno reflita sobre o conhecimento que está construído.

Para Matthews, toda e qualquer reforma curricular, mesmo quando extremamente necessária, para que de fato seja convertida em uma situação real nas salas de aula, requer novas orientações para a prática e avaliação da proposta; novos materiais didáticos e, acima de tudo a inclusão de cursos de formação continuada para os professores. O autor aponta que reformas já falharam pois os professores não estão suficientemente preparados para trabalhar “uma ciência mais contextualizada” (MATTHEWS, 1994, p. 173).

Podemos observar que esse ponto ainda é passível de muita discussões. Assim trabalharemos na próxima seção deste trabalho as dificuldades de se trabalhar ciência de forma mais contextualizada.

## **1.2 A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE BIOLOGIA: LIMITES E POSSIBILIDADES**

Nesta seção, trataremos da contextualização no ensino de Biologia.

As dificuldades no processo de ensino-aprendizagem presentes em nossas escolas se devem a numerosos obstáculos que permanecem escondidos no cotidiano dos professores, dentre eles, destacaremos a contextualização.

A nova LDB, lei 9394/96; os PCNEM e as diretrizes estaduais para a Biologia do estado do Paraná, trazem nos seus textos discussões sobre a contextualização.

Com uma nova proposta estes documentos trazem o termo contextualização que foi divulgado pelo Ministério de Educação e Cultura (MEC), como um princípio dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), sendo uma estratégia capaz de produzir uma revolução no ensino. Ainda de acordo com os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio) (BRASIL, 1999, p.132), existe a necessidade de se contextualizar os conteúdos de ensino de acordo com a realidade vivenciada pelos alunos, a fim de “atribuir-lhes” sentido ao conteúdo e, assim, contribuir para uma aprendizagem que faça sentido para o aluno. Sob esta perspectiva, a contextualização é compreendida como a inserção de conhecimentos disciplinares em uma realidade de vivências buscando o conhecimento explícito na dimensão do conhecimento tácito. Segundo Davenport e Prusak (2001, p.61), dão uma definição mais funcional de conhecimento organizacional, que se apresenta sob dois formatos: o conhecimento explícito (objetivo), que se refere ao conhecimento que pode ser transmitido em linguagem formal e sistemática. Envolve o conhecimento de fatos e é obtido principalmente por meio da informação; quase sempre pode ser adquirido pela educação, e está nos livros, manuais e documentos, entre outras fontes de informações. E o conhecimento tácito (subjetivo), conhecimento este, que está totalmente ligado ao

ser humano, específico ao contexto social, sendo de difícil formalização e transmissão; não sendo propriedade de uma organização ou de uma coletividade.

De forma muito clara, quando os documentos norteadores do Ensino Médio no Brasil tratam de contextualização estão expressamente apontando para uma contextualização sócio-cultural adaptada e ambientada ao cotidiano do aluno em detrimento da contextualização histórica, que atuaria como um ponto de apoio para a construção do conhecimento.

A atual legislação para o Ensino Médio deixa claro que a contextualização é o eixo organizador da doutrina expressa na LDB/9394/96 (Lei das Diretrizes e Bases) (BRASIL, 1999, p. 99), uma vez que:

[...] prescreve a autonomia da proposta pedagógica dos sistemas e das unidades escolares para contextualizar os conteúdos curriculares de acordo com as características regionais, locais e da vida dos seus alunos; assim entendida, a parte diversificada é uma dimensão do currículo, e a contextualização pode ser a forma de organizá-la sem criar uma separação ou uma dualidade com a base nacional comum. Ao mesmo tempo em que se defende que a organização curricular deve tratar os conteúdos de ensino de modo contextualizados, aproveitando sempre as relações entre conteúdos e contexto para dar significado ao aprendido, estimular o protagonismo do aluno e estimulá-lo a ter autonomia intelectual. Isso de forma geral significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada aluno.

De modo semelhante, o novo currículo dos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM) na disciplina de Biologia tem como um dos seus eixos o da contextualização, cuja definição é “que todo conhecimento tenha como ponto de partida a experiência do aluno, o contexto onde ele está inserido e onde ele vai atuar como um trabalhador, um cidadão ativo de sua comunidade” (BRASIL, 1999, p. 132).

De acordo com Giassi e Moraes (1982), na prática de nossas escolas de todo o país, vigoram um ensino padronizado, tratando os conteúdos escolares igualmente, onde alunos e professores participam como atores que desempenham seus papéis, não se envolvendo com quem produziu os conteúdos ou na forma como estes chegam até eles. Assim nossas escolas estão atreladas ainda a um modelo de educação tradicionalista, não tendo conseguido acompanhar e se adequar à evolução das pesquisas e das novas tecnologias. No ensino de

Ciências e na Biologia em especial, as aulas ainda são desenvolvidas com base nos livros didáticos, de forma que o conhecimento é “repassado” como algo pronto e acabado, como uma verdade que não necessita mais ser revista. A metodologia ainda é centrada no professor, com a maioria das aulas expositivas, com alguns experimentos geralmente demonstrativos, conduzindo mais à memorização que ao desenvolvimento do raciocínio. Não se observa o despertar da curiosidade nem o despertar para o conhecimento.

Neste contexto, como trabalhar questões que dizem respeito a nossa própria realidade? Como perceber fatos e fenômenos que acontecem à nossa volta se ainda somos apenas repetidores de coisas que nos falam e nos impõem como verdades? Frente a esta situação, é importante refletir sobre qual o papel da educação, especialmente no ensino de ciência? Como podemos trazer para a sala de aula discussões contextualizadas? Como os professores podem contribuir para que isso aconteça?

Estas e outras questões é que nos levaram a pesquisar sobre as dificuldades para se contextualizar o ensino de Biologia, que de modo geral busca investigar como o ensino de Biologia tem contribuído para ampliar o conhecimento e compreensão do contexto de vida dos alunos e de aprendizagem, além de conhecer os limites e possibilidades de levar situações do mundo real da Ciência para dentro da escola.

Qual o sentido de ensinarmos se não é possível utilizar o que ensinamos em quase nada de nossas vidas, ou nas vidas de nossos alunos? É inegável a importância da educação na vida das pessoas, porque quanto maior nosso conhecimento, maior a nossa capacidade de relacionarmo-nos com o mundo.

Neste sentido surge nas escolas e no ensino em geral um novo conceito na educação, o de Contextualização, que foi apresentado pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) por apropriação dos múltiplos discursos acadêmicos nacionais e internacionais, porém é preciso considerar que esta apropriação pode ter sido realizada por influência direta dos textos dos construtores e colaboradores dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), por intermédio de uma mediação realizada em reformas educacionais de outros países que também influenciaram a educação brasileira.

A escolha da equipe e todo o processo de construção dos Parâmetros Curriculares envolveram, possivelmente, aspectos políticos, para além

da reconhecida contribuição dos seus integrantes na área. Entretanto, o interesse maior se concentra em assuntos de ordem didático-pedagógicos (RICARDO; ZYLBERSZTAJN, 2008, p. 257-274).

Esta idéia de contextualização entrou na educação no período em que ocorreu a reforma do Ensino Médio, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB 9694/96), que orienta para a compreensão dos conhecimentos para o uso do cotidiano, além de ter suas origens nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), que estão definidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), documentos estes que são guias para orientar a escola e professores na aplicação desse novo modelo de educação. De acordo com estes documentos, orienta-se para uma organização curricular que, entre outras coisas, trate os conteúdos de ensino de modo contextualizado, aproveitando sempre as relações entre conteúdos e contextos para dar significado ao aprendido, estimular o protagonismo do aluno e estimulá-lo a ter autonomia intelectual (PCNEM, 1999, p.87-88).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, contextualizar o conteúdo do que se quer aprender significa, em primeiro lugar, assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. Na escola em geral, o conhecimento é quase sempre reproduzido das situações originais nas quais acontece sua produção. Por esta razão, quase sempre o conhecimento escolar se vale de uma transposição didática, na qual a linguagem joga papel decisivo. O tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo. Se bem trabalhado permite que ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleça entre ele o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade. (PCNEM, 1999, p.91). Ao propor uma nova forma de organizar os conteúdos, trabalhando na perspectiva contextualizada, parte-se do princípio de que toda aprendizagem que faça sentido para o aluno, implica numa relação sujeito-objeto e que, para que esta relação se concretize, é necessário oferecer as condições para que os dois pólos do processo interajam.

Este novo perfil para o currículo, apoiado em competências básicas para a inserção dos jovens na vida adulta, surge na perspectiva de evitar o ensino descontextualizado, compartimentado e baseado no currículo de informações. Assim a contextualização tem a função de buscar dar significado ao conhecimento escolar.

Desta forma, o incentivo ao raciocínio e à capacidade de aprender desbancaria o currículo voltado apenas para disseminação de informações. Neste sentido as orientações Curriculares do Ensino Médio, propõem a organização curricular compreendendo a integração e a articulação dos conhecimentos em processo permanente de interdisciplinaridades e contextualização.

A seguir apresentaremos algumas concepções de diferentes autores sobre contextualização.

Para Tufano (2001) a contextualização é o ato de colocar em contexto alguém a par de algo, alguma coisa, uma ação premeditada para situar no tempo e no espaço desejado, encadear idéias em um escrito, constituir o texto no seu todo, argumentar, ou seja, situar o aluno a um determinado conteúdo que se está estudando de acordo com sua realidade.

Domingues et al. (2000) argumenta que a prática da contextualização permite que o currículo se transforme em um confronto de saberes entre os conteúdos da base comum e base diversificada no ensino fundamental e médio.

Lopes (2002) relata explicitamente que o conceito de contextualização se fundamenta na idéia da aprendizagem de modo a considerar no processo de ensino e aprendizagem a vivência de situações do dia a dia, segundo o interesse dos alunos e no desenvolvimento de atividades desvinculadas da pura transmissão de conceitos.

Rangel (2002) diz que a contextualização funciona como um princípio curricular, de modo que a partir das experiências vivenciadas pelos alunos, avance no processo de entendimento dos conhecimentos abstratos, contidos nas teorias trabalhadas nas escolas.

E finalmente, Machado (2005) enfatiza que contextualizar é uma estratégia fundamental para a construção de significados. Na medida em que se incorporam relações tacitamente percebidas, a contextualização enriquece os canais de comunicação entre a bagagem cultural, quase sempre essencialmente tácita, e as formas explícitas ou explicitáveis de manifestação do conhecimento.

O contexto como sugere Machado (2005) pode oferecer possibilidade de envolvimento ativo dos alunos nas aulas, pois: se expõe excessiva fragmentação dos conteúdos escolares que normalmente são apresentados aos alunos, oferece a possibilidade de visão sistêmica e interdisciplinar de um dado

tópico, possibilita o aparecimento de outros conhecimentos trazidos pelos alunos, como o conhecimento técnico, intuitivo e vivencial, e tende a enriquecer a construção de significados pelos alunos.

Assim, a idéia de contextualização sugere possibilidades de professores e alunos se encontrarem em terrenos motivadores, e ao se eleger um contexto para o estudo dos conteúdos disciplinares que possam ser ali desvelados. A contextualização surge, e ao se pensar que esta tem sentido, há se levar a algo novo. Quanto mais próximo estiverem o conhecimento escolar e os contextos presentes na vida pessoal do aluno e no mundo no qual ele transita, mais o conhecimento terá significado.

Os autores acima descritos reconhecem que a contextualização fundamenta-se na idéia da aprendizagem, considerando a vivência do dia-a dia do aluno de acordo com sua realidade.

Seguindo na mesma linha de pensamento Machado (2005, p.15) sistematizou os contextos em três categorias. São elas:

1- O contexto da vida pessoal e cotidiana do aluno, em toda sua riqueza e complexidade, que inclui de problemas econômicos a questões de convivência pessoal; de sexualidade a relações com o meio ambiente; do mundo do trabalho ao mundo da família; da gestão de vida financeira à gestão do corpo e da saúde.

2- Ao contexto da sociedade ou do mundo em que o aluno vive também, rico, e complexo, incluindo toda sorte de temas, questões e problemas numa perspectiva globalizada e unificada pelas tecnologias da comunicação e transmissão de informações: políticas, economias e no desenvolvimento científico.

3- Ao contexto do próprio ato da descoberta ou da produção do conhecimento que pode ser produzido ou simulado.

Em cada caso, a contextualização mobiliza diferentes motivações para alcançar o mesmo objetivo:

1- Contextualizar o conhecimento nas questões presentes na vida do aluno é vivenciar intelectual e efetivamente a relevância do conhecimento para compreender e resolver seus próprios problemas, tomar decisões que afetam a qualidade de sua vida, construir uma visão de mundo e um projeto com identidade própria;

2- Buscar o significado do conhecimento a partir de contextos do mundo ou da sociedade em geral é levar o aluno a compreender a relevância e aplicar o conhecimento para entender os fatos, tendências, fenômenos e processos que o cercam;

3- Contextualizar o conhecimento no próprio processo de sua produção é criar condições para que ele experimente a curiosidade e o encantamento da descoberta e a satisfação de construir o conhecimento com autonomia.

Em nosso trabalho, investigaremos apenas a terceira categoria, uma vez que é por ela que efetivamente poderemos apreciar os méritos e, sobretudo, as dificuldades da inserção da história e filosofia da ciência no ensino de ciências como uma forma de contextualização.

Porém, colocar em prática a terceira categoria de contextualização não é tarefa fácil para nenhum professor, porque ela oferece uma visão globalizada dos conteúdos e um sentido mais amplo aos conhecimentos aprendidos pelos alunos. Desta forma é importante se remeter a uma discussão sobre as concepções de ciências presente no imaginário dos alunos, nos livros didáticos ou quando se está ensinando ciências.

Talvez uma das formas para diminuir essa dificuldade quanto à prática desta questão da contextualização proposta por Machado, seja por intermédio da inserção da História e Filosofia da Ciência aos conteúdos. Uma vez que quando os conteúdos são abordados a partir do questionamento sobre sua gênese, quando são estudados visando entender as razões e os motivos que os levaram aos fatos, parece-nos que se tornam mais plausíveis, mais compreensíveis aos alunos. O contexto propicia o entendimento das idéias, porque amplia a possibilidade de referenciá-las. Quando os alunos discutem a origem dos conceitos ou de um episódio científico e sua transformação ao longo do tempo, reconhecem mais facilmente tais concretos como objetos passíveis de construção.

Ao buscarem o estabelecimento do diálogo entre o presente e o passado, os alunos transitam com mais naturalidade entre as idéias. Sentem mais autorizados a formular explicações mais significativas ou em nível mais profundo. Deixam de se contentar com a mera repetição de definições ou formulações que não são suas, para as quais sequer construíram sentido; de forma a facilitar a entrada

deste aluno no universo sofisticado da ciência muitas vezes visto por ele como inacessível.

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, mostrando que a Ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez, muitos aspectos da sociedade. Podemos também mencionar Khalickik e Lederman (2000, apud NASCIMENTO, 2006, p.39), para quem a opção pelo uso da história é uma forma explícita de tratarmos sobre a epistemologia da Ciência em sala de aula, e ainda aparece grandemente como uma alternativa para o ensino, que visa a uma construção de conceitos sobre o conhecimento científico; para os autores: “Os programas de ensino devem continuar com tentativas de melhorar as concepções dos estudantes”. E que “elementos da História e Filosofia da Ciência e/ou instrução direta sobre a natureza da Ciência são mais efetivos em alcançar este fim do que os que utilizam processos fechados ou não reflexivos de atividade” (NASCIMENTO, 2006, p. 39).

No entanto este tipo de História que pode dar a impressão de facilitar o aprendizado não está vinculado à contextualização e para que isto ocorra é necessário um estudo mais aprofundado de um episódio histórico que será visto neste trabalho, sob um ponto de vista histórico. Este estudo mais aprofundamento de um fato ou de um episódio histórico é algo difícil, o que já representa um primeiro empecilho quanto ao uso da História da Ciência. Sabemos que a utilização da História da Ciência aos conteúdos, não é algo simples, e fazer estes conteúdos dar sentido aos alunos, também não o é. De acordo com Martins (2006, p.25), “Quando utilizada de forma inadequada, a história das Ciências pode chegar a ser um empecilho ao bom ensino de ciências”. Estas ações, sem dúvida, são dificuldades encontradas para se contextualizar os conteúdos. Ao professor é essencial conhecer os obstáculos que se colocam no caminho do desenvolvimento científico, as dificuldades de percurso ao longo da evolução das idéias e a real complexidade dos conceitos que ensina. De modo que conhecer o passado histórico e a origem do conhecimento é um fator importante para que os alunos percebam que suas dúvidas também foram encontradas em outros momentos históricos por cientistas, hoje reconhecidos, e ainda mais, contextualizar por meio da História da Ciência não é

fácil, mais sem dúvida é o melhor caminho para praticar a contextualização dos conteúdos.

De acordo com Nascimento (2004, p.40) a história da ciência pode ser ainda um importante elemento para levantar discussões acerca do caráter humano na ciência e relacionar a construção da ciência com diversos contextos externos: sociais, políticos, pessoais. Para Solbes; Traver (2001, p.151-162), a história da ciência pode fazer com que os estudantes;

a) conheçam melhor os aspectos da história da ciência, antes geralmente ignorados e, conseqüentemente mostrar uma imagem de ciência mais completa e contextualizada;

b) valorizem adequadamente processo interno do trabalho científico como: os problemas abordados, o papel da descoberta, a importância dos experimentos, o formalismo matemático e a evolução dos conhecimentos (crises, controvérsia e mudanças internas);

c) valorizem adequadamente aspectos externos como: o caráter coletivo do trabalho científico, as implicações sociais da ciência;

d) apresentar uma imagem menos tópica da ciência e dos cientistas;

De acordo com Michael Matthews (1994, p.172) existem no mínimo sete razões para a inclusão de História e Filosofia da Ciência que contribuem no ensino por que:

- Motiva e atrai os alunos;
- Humaniza a disciplina;
- Promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento;
- Há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na Ciência, a da Revolução Científica, o Darwinismo, etc;
- Demonstrar que a Ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito as transformações;
- Que a História e Filosofia da Ciência se opõem a ideologia cientificista;
- E finalmente, que a História permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta padrões de mudanças nas metodologias vigentes.

Ainda de acordo com Matthews (1994, p.163), independente dos méritos da inserção da História e Filosofia da Ciência, cada uma dessas razões deve ou deveriam ir ao encontro da busca do conhecimento científico.

Muitos episódios científicos da história são mal interpretados pelos alunos, ou até mesmos desconhecidos porque o professor invés de passar versões reais dos fatos mais amplos os passa de forma tendenciosa, como por exemplo, mostrando somente aquilo que “deu certo” e omitindo o resto.

A incursão pela História e Filosofia da Ciência permite identificar a concepção de Ciência presente nas relações sociais de cada momento histórico, bem como as interferências que tais concepções sofrem e provoca no processo de construção dos conceitos, pois a ciência sempre esteve sujeita às interferências, determinações tendências e transformações da sociedade, aos valores e ideologias, e as necessidades materiais do homem. Ao mesmo tempo que sofre a sua interferência, nelas interfere (ARAÚJO, 2002; ANDERY, 1998 apud PARANÁ, 2006, p.226).

Segundo Lovo (2000 apud PARANÁ, 2006, p.26.), indagar sobre a própria Ciência provoca e exige crítica sobre a qual se demarca saltos qualitativos do conhecimento científico, fortalecendo uma concepção de Ciência que nasce da luta contra o obscurantismo e a superação do senso comum. Esses saltos qualitativos foram demarcados por uma História da Ciência, que não pode ser mais uma coleção de biografias, nem um quadro de doutrinas à maneira de uma história natural. Deve ser uma História das filiações conceituais. A Ciência deve ser tão crítica quanto à própria Ciência (ASTOLFI, 1991, p.47).

Deste modo, como elemento da construção científica, a Biologia deve ser entendida e compreendida como um processo de produção do próprio desenvolvimento humano (ANDERY, 1998, p.82). O progresso da Biologia, portanto, é determinado pelas necessidades materiais do homem com vistas ao seu desenvolvimento histórico, pois o homem sofre influência das exigências do meio social e das interferências econômicas dele decorrentes, ao mesmo tempo que nelas interfere. Assim os mitos do “acaso das descobertas”, do “cientista genial,” na pesquisa e do “cientista em miniatura,” devem ser superados na escola (FREIRE-MAIA, 1990 apud PARANA, 2006, p.26).

A busca para entender os fenômenos e a explicação racional da natureza levou o homem a propor concepções de mundo e interpretações que

influenciam e são influenciadas pelos processos históricos da humanidade. A biologia como construção humana seguiu o mesmo caminho.

É posto que a abordagem histórica aproxime cognitivamente o conhecimento científico do conhecimento comum, porém para promover esta aproximação e ao mesmo tempo contribuir para o entendimento da Ciência é preciso muito mais. O problema encontrado aqui é a formação da maioria dos professores de Ciências e Biologia, que em muitos casos não tiveram contato com a História e Filosofia da Ciência na sua formação e a conhecem apenas pela visão deturpada, dos manuais didáticos.

A História e Filosofia da Ciência não podem substituir o ensino comum das Ciências, mas podem complementá-lo de várias formas. Mostrar por exemplo, somente a molécula pronta do DNA, e o nome dos seus criadores, sem relacionar os fatos que os levaram ao resultado, nos dão uma falsa impressão de que a Ciência está fora do tempo, que surge com magia e que está a parte das outras atividades humanas. Assim, o estudo deste mesmo conteúdo contextualizado permite compreender as interrelações entre Ciências, Tecnologia e Sociedade, mostrando que a Ciência não é isolada, mas sim que ela faz parte de um desenvolvimento humano, sofrendo influência e influenciando aspectos da sociedade.

O estudo adequado de alguns fatos históricos permite também, de acordo com Martins (2006, p.18), perceber o processo social e gradativo de construção de conhecimento, possibilitando formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da Ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico sem, no entanto, negar seu valor. Ainda segundo o mesmo autor a Ciência não brota pronta, na cabeça dos grandes gênios. Muitas das teorias aceita atualmente foram propostas de forma confusa, com falhas, e até sem possuir base experimental. Gradualmente essas idéias foram sendo aperfeiçoadas, e transformadas nos conceitos atuais.

Estudando adequadamente alguns episódios históricos pode-se compreender que a Ciência não é sempre o resultado da aplicação de um método científico, que permite chegar à verdade absoluta. O processo científico é extremamente complexo, não é lógico, e nem segue nenhuma regra infalível. Há uma arte na pesquisa, que pode ser aprendida, mas não uma seqüência de etapas

que devem ser seguidas como uma receita de bolo. O estudo histórico de como um cientista realmente desenvolveu sua pesquisa ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer outro manual de metodologia científica (MARTINS, 2006, p.19).

Assim como toda história tem dois lados é importante se levar em conta o que se deve evitar quando se aplica ou se utiliza da História da Ciência ao ensino da Ciência em geral e especificamente ao ensino de Biologia.

Nem sempre o uso da História da Ciência no ensino é adequado. Há coisas que devem ser evitadas, pois podem atrapalhar, ao invés de auxiliar o ensino. Em primeiro lugar deve-se fugir de biografias longas, cheias de datas, sem nenhuma referência à filosofia e às idéias científicas, ao contexto temporal, social e cultural daquilo que se está ensinando (MARTINS, 1993 apud MARTINS, 2006 p.23). Ainda segundo mesmo autor, deve se evitar mostrar apenas aquilo que “deu certo”, omitindo as dificuldades encontradas e as propostas alternativas. Essa é a causa de muitos fracassos de algumas tentativas já feitas. Esse procedimento ajuda para que os alunos tenham uma visão tendenciosa a respeito do conteúdo que se está estudando. Deve-se também evitar não considerar ou até mesmo desvalorizar a experiência do próprio aluno. Em vez disso, deve-se sim trabalhar com ela, procurando mostrar que muitas vezes suas idéias e suas dúvidas são semelhantes às de algumas das etapas pelas quais passou a construção daquele conceito.

De acordo com Carneiro e Gastal (2005, p.38-39) eles entendem que trabalhar com a abordagem Histórica no ensino de biologia não significa demonstrar uma filiação contínua, ou seja, trabalhar todos os conceitos científicos dentro de uma abordagem histórica na construção do conhecimento, pois as teorias atuais não são necessariamente decorrentes das anteriores. E acreditam que uma abordagem histórica deve centrar-se nas rupturas epistemológicas.

Martins (2000, p.23) cita três barreiras que impedem este desempenho: a) Carência de um número de professores com formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a Histórias das Ciências; b) Falta de material didático adequado que possa ser usado no ensino; c) Equívocos a respeito da própria natureza da Ciência e seu uso na educação. Portanto cabe a nós professores tentar romper estas barreiras. Segundo o mesmo autor a história das ciências é um estudo especializado, como qualquer outro e normalmente, estuda-se e aprende-se um novo conhecimento com a orientação de professores que já

possuem um domínio sobre aquele campo. É claro que há pessoas capazes de aprender história da ciência, sozinhos, estudando bons livros, mas são exceções. Seria excelente se existissem professores-pesquisadores de história das ciências, com ótima formação em todas as universidades, ministrando disciplinas em todos os cursos de nível superior e não apenas nos cursos de licenciaturas propiciando, por feito multiplicador, a difusão de uma visão adequada sobre a história das ciências.

No fundo, para ser útil no ensino dos conteúdos científicos, o que se exige da História e Filosofia da Ciência é que ela seja semelhante à verdade, ou seja, que ela seja trabalhada com os alunos de forma verdadeira como realmente os fatos ocorreram. O que vale no processo ensino-aprendizagem é o fato de que a lembrança de uma história implica conexões e interligações. A sala de aula é um espaço nos quais os conhecimentos científicos podem ser abordados de forma livre, menos metódica.

Porém todas estas considerações sobre as possibilidades aberta pelo ensino de ciências numa abordagem contextualizada a partir da história e filosofia da ciência precisam enfrentar os desafio apresentados pelos problemas reais da inserção de uma abordagem contextualizada. A partir do próximo capítulo começaremos a adentra o campo destas dificuldades, sempre lembrando que nosso trabalho tem por objetivo enfatizá-las. Dentre os vários episódios históricos da Biologia, escolhemos o episódio referente à descoberta do modelo da dupla hélice do DNA.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 A HISTÓRIA DO DNA

Um passo importante para a compreensão do funcionamento dos genes foi à identificação de sua natureza química, que ocorreu no final dos anos de 1940, quando se descobriu que os genes são formados por DNA.

A sigla DNA, que significa Ácido Desoxirribonucléico, se tornou amplamente conhecida nas últimas cinco décadas, devido a diversos progressos científicos, dentre eles: a determinação de sua estrutura molecular, a descoberta do código genético, a descoberta de como estas controlam o funcionamento e desenvolvimento de análises e manipulação de técnicas; por conta disso tudo foram abertos novos campos de pesquisas e tecnologias sobre o DNA.

Considerando que o DNA é o manual de instrução das espécies, de onde se originou a vida? Para uns, de uma força vital emanada de Deus todo poderoso, para outros, a vida ainda era inexplicável pela ciência, e ainda para outros, a vida se perpetuava graças a um código secreto, ainda inexplicável, porém capaz de tamanha maravilha. Na busca de explicar o inexplicável, a ciência por meio de estudos científicos iniciados por Erwin Schorödinger, que acreditava ter seu início em estruturas portadoras de informações genéticas denominadas proteínas (macromoléculas formadas por micromoléculas, denominadas aminoácidos, que por sua vez, aparecem ligados em seqüência como os elos de uma corrente), que poderiam ser o princípio para decifrar as informações que sustentavam a diversidade da vida.

A criação do modelo da Dupla-Hélice da estrutura do DNA, em voga hoje, foi um acontecimento importante para a Genética, porque impulsionou o conhecimento e o desenvolvimento da Biologia Molecular. Termo este, que foi proposto por Warren Weaver, da Fundação Rockefeller, em um relatório publicado na Revista *Science* em 1938, para descrever como os fenômenos biológicos podem ser compreendidos fundamentalmente pelo conhecimento das estruturas das moléculas e das interações destas, e que gradualmente foi sendo utilizada para designar mais

especificamente as pesquisas relacionadas aos genes (WEAVER, 1970; NOUVE, 2001; MENEGUINI, 2003; apud FERRARI; SCHEID, 2006, p. 290-291).

O presente trabalho pautado na História da Ciência se fundamenta como citado anteriormente, no exemplo da história da Dupla-Hélice do DNA, porque pensamos que por meio da contextualização histórica dos conteúdos, possa contribuir em muito para o ensino de Biologia. A educação por meio da contextualização proposta por Machado (2005), prioriza as concepções sobre a origem da Ciência, suas possibilidades e conseqüentemente a própria essência sobre o conhecimento. Muitos livros já foram escritos sobre a história do modelo da dupla-hélice do DNA, além de centenas de Artigos em Periódicos internacionais de grande impacto e de Revistas Científicas conceituadas, e também não é novidade que alguns desses autores acompanharam pessoalmente o desenvolvimento da Biologia Molecular, bem como a participação de muitos na construção deste fato científico. É possível também observar que muitos eventos deste episódio histórico foram cruciais para a Biologia, porque envolveram além dos conhecimentos biológicos, conhecimentos de muitos químicos e físicos.

O relato da história da Dupla-Hélice do DNA mostra a concepção da Ciência que norteia a interpretação dos relatos sobre a evolução do conhecimento científico que culminou na apresentação desse novo modelo e sua aceitação pela comunidade científica.

## **2.2 A HISTÓRIA DA DESCOBERTA DA MOLÉCULA DUPLA-HÉLICE DO DNA**

O relato da História da descoberta da Dupla-hélice da molécula do DNA foi baseado nas colocações e concepções de vários autores entre eles Brody e Brody (1999), Mayr (1998), Watson (2003) e White (2003).

A descoberta do DNA começa no final da década de 1860, com a chegada do médico suíço Friedrich Meischer (1844-1895) à Universidade de Tübingem, na Alemanha. Nesta época nasciam as idéias a respeito das origens e funções das células, pois há pouco tempo, a teoria da geração espontânea havia sido derrubada pelos experimentos de Francesco Redi e Louis Pasteur.

Paralelamente a estes fatos a teoria celular estabelecia-se como um dos pilares da Biologia.

Nesta mesma Universidade, no Laboratório de Química Fisiológica o químico Felix Hoppe-Seyler, foi o primeiro a descrever as interações entre a hemoglobina presente no sangue e o gás oxigênio. Seu trabalho levou-o a interessar-se pelo pus, cujas células constituintes assemelhavam-se aos glóbulos brancos do sangue. Meischer passou a interessar-se pelo assunto e começou a estudar a química das células do pus, desenvolvendo técnicas adequadas à retirada destas células de pus de bandagens e a sua preparação para análise química. Seu principal objetivo era investigar as proteínas presentes nestas células.

Em um dentre os seus vários experimentos, Meischer obteve um precipitado que era diferente de todas as substâncias protéicas já conhecidas. Ele descobriu que esta substância se concentrava no núcleo das células (parte estrutural da célula ainda pouco estudada na época). Os resultados de suas análise mostraram que quantidades relativas dos elementos hidrogênio (H), carbono (C), oxigênio (O) e nitrogênio(N) presentes nesta nova substância eram diferentes das encontradas em proteínas e a substância descoberta continha o elemento fósforo (P), ausente em moléculas de proteínas. A esta nova substância denominou-a de nucleína, pelo fato de estar concentrada no núcleo das células (MAYR, 1998).

Muitos cientistas tinham opiniões adversas à descoberta de Miescher que só foram superadas por volta de 1889, quando Richard Altmann (1852-1900), obteve preparações purificadas de nucléica, sem nenhuma contaminação por proteínas, e por ter um caráter ácido, em vez de chamar nucléica, deveria ser chamado de ácido nucléico.

Outro pesquisador que também merece destaque quanto à descoberta do ácido nucléico é Albrecht Kossel (1853-1927), que entre outros produtos da degradação química da nucléica, Kossel encontrou dois tipos de bases nitrogenadas já conhecidas, a adenina e a guanina. Em 1893, encontrou a timina pela degradação da célula do timo e em seguida a citosina. No ano de 1894, junto com outros pesquisadores descobriu que os ácidos nucléicos continham pentose, um açúcar com cinco átomos de carbono.

Em 1909, Phoebis Levine (1869-1940) e Walter Jacobs (1883-1967) determinaram a organização das moléculas de fosfato, de pentose e de bases nitrogenadas no ácido nucléico. Estes três componentes estão unidos entre si

formando uma unidade fundamental, o nucleotídeo. Levine e muitos de seus colaboradores estavam convencidos de que, com ácidos nucléicos e proteínas no núcleo, estas complexas e abundantes moléculas de proteínas e não o DNA armazenava todas as informações genéticas nos cromossomos, sendo atribuída à função do DNA a simplesmente manter unidas às moléculas de proteínas.

No ano de 1930, Levine e colaboradores caracterizaram dois tipos de ácidos nucléicos o RNA (Ácido Ribonucléico) e o DNA (Ácido Desoxirribonucléico).

A função atribuída ao DNA por Levine foi corrigida por pesquisas de um bacteriologista, Frederick Griffith (1877-1941) e toda a história de identificação do DNA como material hereditário começou por ele em 1928, quando este médico realizava suas pesquisas em função da descoberta do fenômeno da transformação bacteriana. Suas pesquisas eram realizadas utilizando a bactéria *Diplococcus pneumoniae*, atualmente classificada como *Streptococcus pneumoniae*, causadora da pneumonia em seres humanos e em outros mamíferos, baseados em seus resultados ele descobriu que certa substância desconhecida presente nas células de uma variedade de pneumococos mortos era capaz de penetrar em uma variedade de pneumococos diferente e viva, e ainda fazer com que esta transmitisse as características hereditárias da variedade morta à prole da variedade viva.

Outro bacteriologista, Oswald Avery (1877-1955), com outros pesquisadores da área percebeu a importância do trabalho de Griffith e passou vários anos tentando identificar qual era o agente causador dessa fantástica transformação bacteriana. Assim em 1944, após doze anos de intensas pesquisas e estudos, Avery e colaboradores chegaram à conclusão de que a substância capaz de transformar bactérias sem cápsula (células de bactérias que não apresentam envoltório mucoso) em bactérias capsuladas (células de bactérias que são envoltas por uma cápsula de muco) era o DNA, e não a proteína ou o RNA, e que este permitia o transporte das informações hereditárias. Este trabalho foi um grande marco inicial da Ciência de da Genética Molecular.<sup>2</sup>

Avery foi cauteloso ao interpretar os resultados obtidos, e inicialmente não afirmou categoricamente que o DNA era o material hereditário das

---

<sup>2</sup> Esses aspectos foram discutidos na dissertação de mestrado de ROSA, S. R. G. (2008).

bactérias. Diversos pesquisadores, porém, imaginaram essa possibilidade e passaram a testá-la (WHITE, 2003).

Um dos experimentos fundamentais na demonstração do DNA como material hereditário foi realizado por Alfred Day Hershey (1908-1997) e Martha Chase (1928-2003), pesquisadores norte-americanos. Pesquisas subseqüentes realizadas nos Estados Unidos pelo bioquímico austríaco Erwin Chargaff (1899-1985) determinaram os quatro componentes do DNA: adenina (A), citosina (C), guanina (G), e timina (T), denominadas de bases. Em 1950, Chargaff determinou as quantidades proporcionais exatas das bases do DNA em cada molécula da seguinte maneira: analisando o DNA de várias espécies, verificou junto com seus colaboradores que a quantidade de timina era sempre igual à de adenina e a de citosina era sempre igual à de guanina e era igual às bases pirimídicas (citosina e timina). Esta descoberta foi uma grande pista para a construção do Modelo da Dupla-Hélice do DNA, com duas cadeias de bases emparelhadas (Timina com Adenina e Citosina com Guanina). Guanina igual à Citosina e Adenina igual à Timina. Essas combinações são conhecidas como Razões de Chargaff, e se tornou a chave para a descoberta da estrutura da molécula do DNA.

No final da década de 1940, alguns indícios sugeriam que o DNA deveria ser a substância constituinte dos genes. Em função de tudo isso muitos cientistas voltaram suas atenções aos estudos das moléculas dessa substância, na tentativa de identificar os detalhes da estrutura química do material genético que desvendasse os segredos da hereditariedade. Porém, desconheciam sua exata estrutura e, portanto, como o DNA desempenhava suas funções ou como ele se duplicava. Desta forma, o DNA tornou-se enfim um objetivo importante para todo pesquisador que quisesse dar o próximo passo da Ciência.

Paralelamente a essas descobertas, outro fator importante que resultaria na descoberta da molécula de DNA remonta a época da descoberta do Raio X por Röntgen, em 1865 e aos trabalhos de muitos outros cientistas. Entre eles um destaque para o cientista Lawrence Bragg interessado em entender a estrutura das moléculas e graças aos trabalhos de seu pai, que 40 anos antes foi o co-criador da Ciência da Cristalografia por Raios X, uma técnica pela qual a estrutura dos cristais pode ser mostrada em placas fotográficas especiais, quase como retratos dos láctes cristalinos. E méritos também para o cientista Linus Pauling (1901-1994), que começou em meados da década de 1930. Sua grande descoberta foi que as

unidades de aminoácidos nas proteínas estão dispostas de tal maneira que fazem surgir estruturas secundárias extremamente ordenadas e periódicas. Entre elas a “hélice alfa”.

Tentando organizar e aplicar as recém descobertas nas várias áreas da Ciência, dois homens estudiosos das Ciências iniciaram suas investigações sobre o DNA, na esperança de descobri-lo e desvendar o segredo da vida. Esta busca decisiva e inesperadamente bem-sucedida resultou em um dos momentos mais importantes da Ciência e da história da humanidade.

Um deles é o pesquisador Francis Harry Compton Crick (1916-), nascido em Northampton, na Inglaterra e que desde muito jovem já demonstrava interesse por assuntos científicos, ao ponto de ter sido comparado por seus pais com “criança enciclopédia” aos oito anos de idade.

Por sua obstinação em responder a muitas perguntas e ter seu raciocínio lógico o levaram a se tornar um dos maiores nomes da História da Ciência. Formado em física, aos trinta anos e segundo Brody e Brody (1999, p.337), o próprio Crick concluiu “o que realmente interessa é aquilo sobre o que gostamos de prostrar” e convencido desta técnica descobriu sua verdadeira vocação, e se tornou em um dos raros físicos a entrar nos caminhos da Biologia. Outro fato que também o levou a enveredar pelos caminhos da Biologia foi quando leu o livro do físico Erwin Schrödinger, *What is Life? (o que é vida?)*, onde o autor aborda a Biologia na perspectiva da mecânica quântica para descobrir os mistérios da Genética.

No ano de 1949 foi trabalhar no Laboratório Cavendish – Cambridge Medical Research Council Unit at the Cavendish (Unidade do Conselho de Pesquisas Médicas de Cambridge no Laboratório Cavendish).

Outro pesquisador que junto com Crick são os grandes nomes da Dupla-Hélice da molécula do DNA é James Dewey Watson (1928), que na década de 1950 era uma espécie de cientista errante. Assim como Crick, Watson teve um desenvolvimento intelectual precoce, tanto que aos quinze anos de idade foi matriculado na Universidade de Chicago para estudar zoologia e concluir seus estudos até se formar em PHD. Doutor pela Universidade de Indiana em Bloomington. Aos vinte e dois anos aceitou uma bolsa de estudos do governo para trabalhar em Copenhague, sob a orientação de Herrmam Kalckar.

Ainda de acordo com Brody e Brody (1999, p.358) a respeito do DNA a fala de Watson foi “[...] meu interesse pelo DNA, originou-se do desejo sentido pela primeira vez no último ano de graduação ao saber o que era o gene [...]”.

No ano de 1951, Francis Crick conhece James Watson, um britânico e um norte-americano, ambos engajados e fascinados por uma mesma paixão – a misteriosa molécula do DNA e compartilhando a mesma maneira de pensar, concordavam que o DNA era a chave para explicar o segredo da vida. Esta famosa e conhecida dupla do século XX por suas pesquisas determinaram a estrutura molecular da Dupla-Hélice do DNA, uma molécula representada por dois filamentos formados por muitos nucleotídeos e torcidos em hélice no espaço, ligados um, ao outro pelas bases nitrogenadas. A ligação entre as bases é feita por meio de pontes de hidrogênio (atrações frágeis que se forma apenas quando um hidrogênio está ligado a um mesmo átomo eletronegativo e se aproxima do outro átomo também negativo, oxigênio ou nitrogênio).

Observando o modelo da molécula da Dupla-Hélice do DNA, nota-se que a timina se liga sempre à adenina, e a citosina está sempre ligada à guanina, devido a esse emparelhamento obrigatório, a seqüência das bases de um filamento determina a seqüência do outro. Se um filamento houver a seqüência AATTCCAGT, no outro a seqüência será TTAGGTAC. É importante ressaltar que os dois filamentos que compõem a molécula não são iguais, mas complementares.

No outono de 1951, quando Watson e Crick se conheceram no Laboratório de Cavendish, nem um e nem outro estavam trabalhando com o DNA, um trabalhava com cristalografia de mioglobina e o outro escrevia tese sobre difração do Raio X de polipeptídios e proteínas respectivamente. Porém, como afirmam os próprios pesquisadores, o DNA era assunto constante em suas conversas.

Neste mesmo ano, estava em alta o nome de um grande cientista, o químico Linus Pauling, que era considerado um mestre em estrutura molecular e sua maior contribuição para a Ciência foi à aplicação da teoria quântica à química. Em seus vários estudos sobre as proteínas, deixou claro que estas são as substâncias essenciais à vida, formam as enzimas e fazem parte de muitas moléculas como o DNA e o RNA (Ácido Desoxirribonucléico e Ácido Ribonucléico) respectivamente. Além de que os aminoácidos (unidades formadoras de proteínas) estão dispostos de

tal maneira que fazem surgir estruturas secundárias extremamente ordenadas e periódicas e entre estas está a hélice-alfa. Assim com Watson e Crick estavam focados na descoberta do DNA, Linus Pauling também se convencera que o DNA era a molécula da hereditariedade ou da informação genética.

Centrados em suas pesquisas de difração do Raio X, no Laboratório King's College estavam Maurice Wilkins e Rosalind Franklin, ele um pesquisador de renome, um cientista versátil que trabalhou desde técnicas de separação de isótopos, para a criação do primeiro reator nuclear até chegar aos estudos de difração do Raio X de substâncias bioquímicas complexas. Ela uma pesquisadora de natureza nada serena, muito pelo contrário, de semblante austero e extremamente racionalista, muito diferente da natureza feminina, mas extremamente competente e centrada em suas pesquisas de fibras de carbono, que a conduziram a interessar-se pela difração do Raio X, e por técnicas de cristalografia.

Por razões ligadas ao estilo antiquado da Instituição o King's College, Wilkins e Rosalind, a cargo de John Randall não tinham um bom relacionamento pessoal e muito menos profissional. Juntos estes pesquisadores poderiam ter feito maravilhas para a Ciência, em função de suas competências, mas em vez disso, mal trocavam um cumprimento, uma vez que Rosalind não reconhecia Wilkins como seu superior.

De um lado estava o todo poderoso Linus Pauling, no laboratório Caltech em Pasadena, do outro em Cavendish em Cambridge, estavam Watson e Crick, dois cientistas ambiciosos e obcecados, e em um terceiro ponto, em Londres, no King's College estavam Wilkins e Rosalind. De forma geral todos em função do DNA.

Ressaltando Watson e Crick fossem quais fossem seus motivos, estes grandes gênios nunca fizeram nenhum tipo de experimento, em vez disso, contavam com a capacidade de extrair as idéias de um conjunto de disciplinas, construindo uma torre de pensamentos ordenados tirados deles e de outros pesquisadores, combinando seus pensamentos com os de outros, aproveitando os fatos, tirando de outros experimentos de diferentes cientistas (químicos, físicos, biólogos e tantos outros de áreas afins) e com uma genialidade que só foi deles ao chegarem ao ápice desta torre, descobrindo a molécula da Dupla-Hélice do DNA como o manual de instrução das espécies.

Em novembro de 1951 Rosalind Franklin. James Watson preparou-se em aprender os fundamentos da técnica de difração do Raio-X, para que ao assistir a palestra pudesse aproveitar o máximo possível, e poder confirmar em seu relato à Crick a confirmação da quatro bases da cadeia de nucleotídeos, dos açúcares e dos fosfatos com a água exatamente como eles pensavam.

Para Rosalind, as bases se colocavam fora da estrutura, e esta estrutura helicoidal podia ter até quatro cadeias e nunca as bases iriam se ligar às cadeias, e ainda que estas bases estivessem do lado de dentro da estrutura.

De posse destas informações começaram a construir um novo modelo de DNA, em torno de uma estrutura central de três hélices. Após terminarem de construir, convidaram Wilkins para ver o modelo e para sua surpresa veio com ele Rosalind e seu assistente Raymond Gosling.

Em meio a esta visita, uma pergunta de Rosalind calou Watson e Crick – Onde estão as moléculas de água? Sem saber o que responder, Rosalind ignorou o novo modelo recém construído. Por falta de conhecimento ou por descuido, Watson interpretou os dados de Rosalind errado sobre o teor de água presente na molécula. Porém já era sabido que a molécula do DNA precisava de 10 vezes mais água do que se havia sugerido para a construção desse novo modelo. Desse modo, as bases teriam que ficar do lado de fora e não de dentro como eles pensavam.

Rosalind deixou claro que ficou muito irritada com a ousadia de Watson e Crick de tentarem construir um modelo do DNA com base em suas descobertas. (BRODY; BRODY,1999, p.334).

Por este episódio, que envolveu discussões científicas, profissionais e pessoais, Watson e Crick foram severamente repreendidos pelo seu superior Bragg. Além de proibi-los de continuar suas pesquisas, ainda exigiu que eles entregassem o novo modelo construído para os pesquisadores do King's College, no caso Wilkins e Rosalind. Sem alternativas, foram obrigados a obedecerem às ordens recebidas, o que foi muito difícil para ambos.

Este foi, sem dúvida, o pior de todos os momentos vividos por eles, pois estavam proibidos de construir, mas não de pensar. Watson e Crick se sentiam sufocados e frustrados.

Em janeiro de 1952, as coisas complicaram ainda mais, além de proibidos de trabalharem na estrutura do DNA, James Watson foi chamado a

retornar a Copenhague e continuar seu trabalho naquele laboratório. Para a surpresa de muitos, este se recusou a voltar, pois disse que tinham planos e que iria continuar onde estava, ou seja, no Laboratório de Cavendish. Neste ínterim, corria-se a notícia de que Linus Pauling estava prestes a descobrir a estrutura do DNA.

Um fato importante nesta história é que junto com Watson e Crick no Cavendish, foi trabalhar Peter Pauling, filho de Linus Pauling e um determinado dia, no meio de uma conversa este revelou a eles um negativo de um Raio X que ele tirara do DNA, que era do trabalho de seu pai. De acordo com, Brody e Brody (1999, p. 360), as palavras de Watson foram... [...] no momento que vi o negativo ainda úmido contra a luz, eu soube que tínhamos conseguido... [...] e mais... [...] as reveladoras marcas helicoidais eram inconfundíveis... [...]. E Crick, por sua formação acadêmica, um físico, em fração de segundos confirmou suas suspeitas de que o DNA possuía uma configuração helicoidal e não linear.

Durante uns bons meses, o trabalho não avançou, faltavam eles para formar a corrente da dupla-hélice.

Watson e Crick ainda não eram capazes de explicarem como e ou porque os componentes do DNA (coluna vertebral da molécula e as quatro bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e timina se interligavam). Quando foi anunciado que Linus Pauling estava de novo prestes a desvendar o segredo do DNA eles, porém duvidaram porque já sabiam que por meio de Peter Pauling que seu pai não tinha acesso aos trabalhos de Wilkins e Rosalind Franklin sobre o Raio X. Outro fato de destaque e de alívio para Watson e Crick, foi quando Peter Pauling mostrou o trabalho seu pai, aliviados, e mais do que nunca sabiam que Linus Pauling estava errado. Por outro lado, esse erro poderia se corrigido rapidamente, pois o trabalho em questão era nada mais, nada menos do grande e famoso químico, Linus Pauling.

Ainda proibidos de continuar suas pesquisas sobre o DNA, Watson em uma visita ao Laboratório King's College tomou conhecimento dos trabalhos de Wilkins e Rosalind Franklin que dispunham de uma comprovação muito clara, não só da estrutura helicoidal, mas também de parâmetros essenciais que poderiam permitir-lhes esclarecer de fato, que na molécula do DNA tinha duas cadeias de Hélices.

De volta ao Cavendish, relatou a Crick o que tinha presenciado e da grande confirmação, quando relatado aos seus superiores, foram liberados imediatamente para dar continuidade às pesquisas da molécula do DNA, na

tentativa de vencer esta disputa científica contra Linus Pauling. Obstinados por seus estudos e por intermédio de seus amigos pesquisadores como Jerry Donohue, tomaram conhecimento da regra de Erwin Chargaff:  $A=T$ ,  $C=G$ ,  $A+G=T+C$  ou  $A+C=T+C$ . Isto de certa forma orientou o caminho para iniciar a construção de um Modelo da Dupla-Hélice em madeira e metal.

Mas ainda faltavam dados para a grande descoberta. Wilkins em conversas ou em discussões científicas com Watson este lhes mostrou algumas imagens melhoradas do DNA, e que agora ele estava realmente convencido de que a molécula do DNA era mesmo helicoidal. Entre um assunto e outro, veio à tona como estava seu relacionamento com Rosalind Franklin, muito complicado, chegando ao ponto que ela não mais mostrava o seu trabalho para ele, e que para todos os efeitos, ele ainda era o seu chefe, porém esta continuava teimosa, trabalhando isoladamente com o que era conhecida como a fórmula alfa do DNA, uma variedade cristalina que continha pouca água, só que, com melhores amostras.

Por esse caminho, Rosalind estava muito longe de desvendar a molécula do DNA, e principalmente porque ela não estava convencida da molécula helicoidal do DNA, suas imagens a deixavam com dúvidas.

Para os dois cientistas isso era bom. Além do mais ficava claro que não havia colaboração entre os pesquisadores do King's College, logo o trabalho era só deles, e não de fundo cooperativo. Ainda por intermédio de Wilkins, ficaram sabendo que em poucos dias Rosalind iria dar uma palestra, na qual descreveria suas descoberta de um ano de pesquisas.

Paralelo há esse tempo, estavam "alheios" ao DNA, Rosalind continuava seu trabalho, isoladamente como sempre, dando grandes avanços em suas pesquisas. Neste período, ela realizava experiência com uma forma desidratada de alfa do DNA, mas tinha ficado despontada com as mesmas imagens do Raio-X. Tanto que no início de 1952, resolve concentrar sua atenção para algumas amostras que Wilkins lhe havia fornecido do DNA na forma beta ou hidratada.

Neste mesmo ano ela conseguiu imagens muito melhores do DNA que jamais tinha conseguido, mostrando claramente a forma definitiva do DNA – helicoidal. Esta imagem nítida do DNA foi identificada como Picture 51, só que isto ficou guardado em segredo pó um período de tempo.

Tudo isto acontecendo no King's College, enquanto que no Cavendish James Watson e Francis Crick continuavam ansiosos e nervosos a cada dia.

Toda esta apreensão e nervosismo se agravaram ainda mais quando tomaram conhecimento que o grande Linus Pauling viria à Inglaterra participar de uma reunião da Royal Society, e inevitavelmente iriam encontrá-lo e ainda pior íris se encontrar com os pesquisadores do King's College. Para alívio de ambos sua vinda foi cancelada.

O tempo passava e suas determinações aumentavam ao ponto que até em conversas sociais o assunto girava em torno da molécula do DNA. Tanto que em um destes encontros, em uma conversa com Jhon Griffith, sobrinho de Fred Griffith, um matemático que se dedicava a explicar de que maneira as bases encontradas no DNA conseguiam ligar-se e acomodar-se dentro de macromoléculas, este revelou a Crick que tinha desvendado um único arranjo coerente e lógico para as bases do DNA. Neste arranjo, Guanina era atraída por Citosina e a Adenina era atraída pela Timina, provando a Teoria de Chargaff. A conclusão desta revelação para Crick parecia correta, mais ainda estava longe de poder construir um outro modelo ou criar um outro arranjo lógico para a molécula de DNA.

Em meados de 1952, uma notícia abalou Watson e Crick, Peter Pauling entrou falando na sala falando aos quatro cantos que tinha recebido uma carta de seu pai que dizia onde ele contava achava ter encontrado a estrutura do DNA, e seu artigo deveria ser publicado no início do próximo ano.

Esta notícia foi como jogar um balde de água gelada em Watson e Crick, frustração, decepção e todo sentimento de negatividade passaram pela cabeça de Watson e Crick.

O ano de 1952 chegou ao fim e com ele o sentimento de fracasso continuou presente na cabeça de Watson e Crick. Mas em um dia como tantos outros já tinham se passado no Cavendish chega mais uma vez Peter Pauling com a cópia do artigo publicado por seu pai e entrega-o para eles lerem. Leram e ficaram pasmos, assombrados perplexos e imensamente felizes, pois perceberam que o grande Linus Pauling tinha cometido como eles alguns erros elementares e que havia muitas falhas em seus módulos. Em resumo o seu modelo era um aglomerado de átomos unidos de modo muito errado. Assim, nada estava perdido e de novo

rapidamente, mais do que nunca sabiam que precisavam se concentrar na molécula do DNA houvesse o que houvesse.

De volta a ativa na busca do DNA, Watson resolveu fazer uma visita ao King's em busca de mais dados ou algo que pudesse esclarecer de uma vez por todas a estrutura da molécula do DNA, que como ele, Crick sabiam que podiam contar com ajuda do amigo Wilkins, ao ponto de se necessário fosse, guardar um sigilo.

Em sua visita encontrou Rosalind que imediatamente foi mostrando o artigo de Linus Pauling, Watson que de modesto não tinha nada, iniciou a conversa ressaltando os erros cometidos por ele, e aí cometeu um erro maior, ele não sabia da aversão que Rosalind tinha pela forma helicoidal do DNA.

Nesta conversa, o clima ficou tenso e Watson foi ao encontro de Wilkins, pois a conversa com Rosalind acabara ali. Neste encontro, sem intenção ou com todas as intenções, Wilkins mostra para Watson uma imagem de difração do Raio X, da forma beta do DNA, uma cópia clara da Picture 51, que Rosalind havia conseguida a mais ou menos seis meses atrás.

Para Watson e Crick esta imagem era tudo o que eles precisavam, e sabiam que era esta a pista fundamental para a construção de estrutura da molécula do DNA. Como em todos os setores da sociedade a política também sempre esteve presente no mundo da Ciência. Desta forma, quando Bragg tomou conhecimentos dos dados e fatos e como também era rival de Linus Pauling, deu aprovação total e imediata para que Watson e Crick investissem em seus objetivos.

Tudo agora começava a se encaixar, mas ainda faltava explicar sobre a reprodução. Uma antiga rivalidade a tudo isto, estava tentando ser resolvida entre Rosalind e Wilkins por John Randalho, e um fato marcante neste episódio era que Rosalind não sabia que Wilkins tinha passado informações importantes de suas pesquisas sobre a estrutura do DNA para Watson e Crick. O que fica muito claro no livro de Michael White "Rivalidades Produtivas" (2003) é que Rosalind não era uma pesquisadora obcecada pela descoberta do DNA, para ela não fazia muita diferença entre essa ou aquela pesquisa e até mesmo qual era o melhor Laboratório para trabalhar. Tanto isto é provado que foi somente em fevereiro de 1953, que ela decidiu aceitar e reconhecer a forma helicoidal da molécula do DNA, na obtenção de imagens de difração do Raio X que havia obtido e para que assim pudesse de uma vez por todas evidenciar o esqueleto da Dupla-Hélice do DNA.

Obstinadamente continuavam Watson e Crick em suas pesquisas. Tanto que neste período já tinham construído um modelo da espiral da Dupla básica, e sabiam dos ângulos das bases, mas ainda tinham que explicar como as bases se ligava a estrutura central dos nucleotídeos. Colocar as bases do lado de fora das hélices era mais fácil, mas não era o ideal, colocar as bases do lado de dentro, também dava problemas. Encontrar a posição correta das bases passou a ser, neste momento, um grande problema e precisava ser resolvido o mais rapidamente possível.

Mais uma vez entra em cena Peter Pauling, de novo por intermédio de outra carta de seu pai, contou a eles que este, já tinha percebido o erro que cometera com a estrutura do DNA e que também já sabia como corrigi-la e melhorá-la, nesta carta também comentava ter ouvido falar algo a respeito do trabalho de Watson e Crick, quanto ao fato deles já terem formulado o modelo desta estrutura há algum tempo, mas que nada fizeram a esse respeito, e que particularmente ele não acreditava. Isso fez com que Watson e Crick trabalhem mais rápidos, funcionando como um estímulo.

Watson e Crick sabiam que estavam próximos da descoberta, mas também tinham clareza que existiam ainda barreiras que deveria ser derrubado entre elas, o fato de que para duas das quatro bases eles trabalhavam com estruturas que eram incorretas. Isso era vital e por este caminho nunca chegariam aos seus objetivos. Porém, só deram conta deste fato, como sempre em uma conversa casual com Jerry Donohue, um colega químico especialista em estruturas de bases orgânicas, enquanto se reportavam a ele sobre as dificuldades encontradas por eles em ligar as Citosinas com as Guaninas e, enquanto falavam desenhavam as estruturas das quatro bases. Donohue observando o desenho percebeu que tanto Watson como Crick estavam utilizando formas estruturais erradas para as bases estruturadas, na chamada forma enol das bases e um grupo de hidrogênio estava ligado ao oxigênio.

Na explicação de Donohue as bases podiam assumir outra configuração ao passarem pela mudança tautométrica (passagem de hidrogênio de uma parte para outra parte da molécula), forma esta chamada de ceto. Para Watson e Crick, isto fazia uma grande diferença, assim às peças começavam a se encaixar.

Rosalind com já foi dito anteriormente mais concentrada na estrutura do DNA, também caminhava nesta direção, um pouco mais lenta, mas a passos

certos em direção à molécula do DNA, como por exemplo: mostrou o diâmetro correto da molécula e concluiu que as bases estavam posicionadas internamente na Dupla-Hélice. O que fez com que ela não atingisse o objetivo da descoberta foi definir a natureza essencial da molécula, ou seja, de como esta molécula era composta de hélices que se combinavam. E este foi o grande X da questão, o grande salto que Watson e Crick deram foi de conseguirem explicar com esta estrutura podia transportar algo tão complexo como o código genético. E pode-se dizer claramente que ela não teve tempo suficiente, mas certamente iria desvendar os segredos do DNA. É importante ressaltar que Rosalind não estava interessada em desvendar a molécula da Dupla-Hélice.

Foi então que no dia 28 de fevereiro de 1953 James Watson e Francis Crick, encaixaram todas as peças deste fantástico quebra-cabeça. Teoricamente Watson e Crick montaram um modelo lógico em que as bases estavam ajustadas no interior das hélices e ligadas corretamente. De posse de todos os dados era somente construí-lo na prática. A sensação de vitória e satisfação tomou conta destes dois pesquisadores e, anunciaram para todas as gerações futuras que eles haviam descoberto o “segredo da vida”, que futuramente em 2003 James Watson publicou um livro com este título.

Uma vez pronto o modelo, este foi exibido orgulhosamente a toda comunidade científica. Neste mesmo ano de 1953, em março Crick recebeu uma cara de seu amigo Wilkins que relatava que Rosalind estava saindo do King's College e que ela iria deixar seus dados de suas pesquisas entre eles: modelos químicos teóricos, interpretações de dados cristalinos e comparativos, oferecendo de certa forma sinal verde e mostrando que o caminho estava livre para eles continuarem investindo em suas pesquisas.

Se, por meio de boas ou de más intenções as notícias da descoberta do DNA chegaram ao King's College estes a receberam com generosidade e o amigo Wilkins amigavelmente chamou Watson e Crick de “dois grandes velhacos” e lhes fez um único pedido: que seu nome e o de Rosalind fossem citados como contribuintes desta grande descoberta no artigo que iriam publicar.

O pedido foi prontamente atendido por eles. E esta grande descoberta da Ciência foi publicada em três artigos todos na Revista Nature, nº 17, do mês de abril de 1953. Na data da publicação talvez eles não tivessem idéias dos rumos que a Biologia tomaria a partir de suas descobertas.

O artigo de Watson e Crick foi publicado com o título de “Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Desoxyribose Nucleic Acids” (A estrutura Molecular dos Ácidos Nucléicos: Uma Estrutura para o Ácido Desoxirribose), com 900 palavras e um só diagrama.

O que não se pode negar é que a descoberta da molécula da Dupla-Hélice do DNA foi e continuará sendo o maior feito científico da Ciência, e porque não dizer que o DNA é a matéria - prima da Genética e áreas afins.

### **2.3 O PAPEL DE ROSALIND FRANKLIN NA CONSTRUÇÃO DO MODELO DA DUPLA - HÉLICE DO DNA**

Por que Rosalind Franklin não inferiu, seus dados, na descoberta da molécula da dupla-hélice do DNA? A esta pergunta pressupõe alguns pontos a ser considerados. Rosalind desejava de fato descobrir a estrutura da molécula de DNA, uma vez que foi ela quem forneceu a primeira evidência empírica mais importante para a construção deste modelo, e que a partir deste pressuposto empírico oportunizou a outros no caso, Watson e Crick a construírem. Para este fato a explicação seria: Rosalind teria sido “anti-hélica”, ou seja, ela não acreditava que a molécula de DNA pudesse ser representada por uma dupla-hélice.

Entretanto, um exame na literatura sobre a história do episódio do DNA, nos apresenta uma séria de evidências de que Rosalind tinha muitas razões de comprometimento profissional para, a despeito de ter produzido dados empíricos sobre a estrutura da molécula do DNA, justificar sua opção de não propor uma estrutura antes que ela tivesse plenamente convencida do suporte empírico do DNA. Isto se justifica ao fato de que ela possuía uma concepção filosófica de compreensão da natureza da ciência, a qual ela enfatizava o trabalho experimental e valorizava as unidades científicas isoladas. O trabalho de Rosalind com o DNA se situava no interior de uma tradição de investigação que legitimava o DNA como um objeto a ser mapeado por meio da difração de raio-x, e por isso, muito antes de Rosalind, vários padrões de raio-x já haviam sido obtidos (sobretudo por parte de William Astbury). Mas estes padrões para ela ainda eram insuficientes para se determinar a estrutura química da molécula. Para tentar obter melhores padrões,

Rosalind foi contratada como já vimos, pelo laboratório King's College, de Londres, em 1951, e nesta nova pesquisa ela descobre a razão da limitação dos trabalhos de seus sucessores: o DNA se apresenta de duas formas; uma forma A (seca) e uma forma B (hidratada). A partir do desenvolvimento de suas investigações, Rosalind obtém padrões notáveis e, diante de suas fotografias da forma B, ela está quase que inteiramente convencida de que a forma B é uma dupla hélice. Mas a forma A não se apresenta com esta clareza.

Em maio de 1952 Rosalind produz a evidência que seria depois importante para Watson e Crick: a famosa foto 51, extraída de uma forma B, que indicava uma hélice. Mas Rosalind, diante de sua evidência, não infere uma hélice a partir da foto 51. Ao invés, decide arquivar a foto e voltar suas atenções para a forma A, que continuava a se revelar de difícil manuseio. A atitude de Rosalind se tornou um fato historiográfico.

“Porque Rosalind não inferiu uma hélice a partir da foto 51? Uma resposta é a de que ela não interpretou adequadamente a foto 51. Porém uma outra é a seguinte: “para o cristalógrafo, a forma B era menos interessante e útil do que a forma A (SILVA)”. Assim, podemos perceber claramente a influência da tradição de investigação a qual Rosalind pertencia. Diante de uma evidência, Rosalind decide ignorá-la, tendo em vista seus compromissos científicos assumidos com sua tradição de pesquisa; e por conta desses compromissos, fazia muito sentido ignorar a foto 51 e voltar suas atenções para a forma A. Rosalind estava disposta, tudo indica, e ao que tudo indica a resolver um certo “problema empírico” (LAUDAN, 1977, cap.1), um problema legitimado pela sua tradição de pesquisa”.

Deste modo, Rosalind, mais do que acreditar ou não que o DNA pudesse ser apresentado como uma dupla hélice estava envolvida profissionalmente com a busca da precisão empírica do DNA. E, neste sentido, sua atitude não era tão importante quanto o estabelecimento de uma hipótese que abrissem caminhos para as resoluções de problemas em genética.

É importante lembrar que não há como omitir o papel de Rosalind na dupla-hélice, uma vez que seu papel nesta história não é apenas de figurante, mas sim o papel de uma personagem importante. E considerando sua importância é essencial perguntar: Como ela poderia ser lembrada?

Há duas formas possíveis de encarar o problema de como inserir Rosalind Franklin na história da dupla-hélice. Uma primeira forma é simplesmente

reivindicar a inserção de Rosalind na história. Poderíamos então alegar que, em nome da contextualização, devemos fazer com que o nome de Rosalind seja veiculado por manuais didáticos. Mas para que haja uma contextualização histórica necessitamos lembrar mais do que isto, sua produção científica.

O problema é que as coisas não são assim tão simples e a partir daqui queremos começar a ressaltar as dificuldades da contextualização. Como se daria a contextualização histórica neste caso específico? Para começar é preciso saber de quem estamos falando e diferenciando seus papéis e personagens.

Quem foi Rosalind Franklin? O erro é colocá-la em pé de igualdade com Watson e Crick. Ou seja, atribuir a ela objetivos científicos que talvez não fossem por ela própria perseguida. Rosalind Franklin desejava obter a estrutura do DNA, e o fazia mediante técnicas de cristalografia de raio-x? Entretanto, seu interesse estava focado não no DNA em si, mas nos objetos de estudos determinados por seu laboratório. Seu interesse principal era o desenvolvimento da técnica de cristalografia de raio-x.

Bem diferentes eram os casos de Watson e Crick. Eles estavam interessados no DNA. Desejavam obter a estrutura do DNA para, e por meio dela, descobrir algo sobre a função genética desta molécula. De que modo eles realizaram seu objetivo? Por meio de conversas científicas, intuições sobre o papel genético do DNA, algum conhecimento anterior de química e, também por meio de dados empíricos de Rosalind Franklin. Deste modo, por que privilegiar algum aspecto da história não contada (por exemplo, os dados de Rosalind Franklin) em detrimento de outros? Por que então não contextualizar o conhecimento sobre a dupla hélice retrocedendo historicamente aos antecessores de Rosalind na cristalografia de raio-x aplicada ao DNA? Por que escolhemos contextualizar apenas a partir de Rosalind?

Atualmente existe todo um apelo histórico para a lembrança do nome de Rosalind. Este apelo é conduzido com base na idéia de que Rosalind quase conseguiu obter a dupla hélice. Então, se é assim, o caso da contextualização histórica para o DNA, teria obrigatoriamente de ser conduzido a partir desta idéia. Neste caso, os manuais didáticos, os materiais de apoio, as intervenções dos docentes teriam e deveriam lembrar a participação de Rosalind Franklin no episódio da construção da molécula do DNA.

A pergunta que fica é: que tipo de imagem de ciência seria obtido com este acréscimo? Neste caso, sem que fossem mencionadas todas as peculiaridades das pesquisas de Rosalind e de Watson e Crick, teríamos certamente uma imagem distorcida de ciência.

O que se quer mostrar é que, sem apresentar todos os passos de uma pesquisa, a simples contextualização de Rosalind no episódio não gera nada de interessante em termos cognitivos. Desse modo, para que uma contextualização adequada fosse conduzida, ao menos as seguintes perguntas deveriam fazer parte desta tarefa de contextualização.

- a) Quais eram os objetivos científicos de Rosalind?
- b) Quais eram os objetivos científicos de Watson e Crick?
- c) Rosalind e Watson e Crick partilhavam os mesmos objetivos científicos?
- d) O que significa função e estrutura do DNA? Ambas têm o mesmo significado?

Fundamentalmente o que se pretende com estas respostas das perguntas acima e determinar qual e o tipo de importância deve ser dada a Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla-hélice do DNA e verificar se realmente existiu a disputa entre eles (Rosalind X Watson/Crick), bem como as implicações desta disputa.

Acreditamos que por meio da contextualização histórica podemos analisar que a grande diferença entre Rosalind e Watson e Crick, inicia-se por eles pertencerem a diferentes linhas de pesquisas, tinham métodos, problemas, visões e objetivos diferentes. Rosalind baseava sua pesquisa voltada para a estrutura química do DNA, pelo DNA. Já Watson e Crick se interessavam pela função do DNA, ou seja, como, de que forma o DNA poderia representar no futuro, principalmente para o desenvolvimento da genética. Desta forma fica muito claro que nunca existiu nenhuma disputa entre Rosalind e Watson e Crick, suas diferenças eram pautadas em diferentes tradições de pesquisas. Se houve uma disputa esta ocorreu no âmbito de concepções de Ciências. Neste episódio a vitória foi a da molécula do DNA, que a partir daí abriram-se os caminhos para o futuro das Ciências.

Reiterando o que foi descrito acima, não parece existir propriamente uma disputa acerca da prioridade do DNA, pois tudo indica que Watson e Crick só

estavam interessados no DNA, enquanto entidade fundamental para a compreensão dos problemas da genética e, deste modo inferir que a disputa entre Rosalind e Watson e Crick é para além de qualquer disputa acerca de prioridades e descoberta. O que ocorreu pode se dizer que foi uma disputa entre imagens de ciências, que são refletidas pelas próprias dinâmicas das investigações científicas que foram conduzidas tanto por Rosalind, quanto para Watson e Crick.

De um lado Rosalind baseada no princípio metodológico de não construir modelos, de centrar suas energias somente no DNA, do outro Watson e Crick, partindo de pressupostos conceituais presentes nas pesquisas da época como a função do DNA e para o fluxo de informações indo de encontro com a genética.

Portanto temos em Rosalind uma concepção de ciências que enfatiza o trabalho experimental e em Watson e Crick nos deparamos com uma imagem de ciências que valoriza sim as evidências fornecidas por Rosalind, porém na medida em que estas evidências auxiliem no desenvolvimento de um programa de pesquisa que represente o DNA como uma dupla-hélice.

Podemos dizer que em relação à contextualização as dificuldades aqui são muitas e a complexidade da contextualização histórica precisa ser reconhecida, sob pena de simplesmente estarmos fazendo uma apologia de algo que não conhecemos.

## CAPÍTULO 3

### 3.1 UMA INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA

Considerando que um dos objetivos básicos da educação é a conscientização científica em função de garantir aos alunos adquirirem uma compreensão sobre a natureza da Ciência, ou seja, de oferecer condições para que o aluno construa e desenvolva o conhecimento produzido pela Ciência tanto para si, como para a cultura geral de uma sociedade, podemos dizer que este objetivo, em alguns momentos não ocorre no processo ensino-aprendizagem, e isto pode ser comprovado porque é muito comum encontrarmos em salas de aulas alunos que não conseguem identificar a relação entre o que estuda, entre seus conhecimentos e o seu cotidiano e, entendem que as Ciências e especificamente a Biologia, se resume a pura memorização de nomes complexos que não fazem parte do seu contexto.

O ensino de Biologia ao longo de sua trajetória histórica muitas vezes, tem-se resumido a apresentação de conceitos, fenômenos e memorização de termos científicos, sem valorizar os aspectos históricos. Observa-se uma ausência de relatos históricos quando se realiza experimentos, uma vez que estes quando realizados, limitam-se a demonstrações que não envolvem a participação ativa dos alunos, ou apenas os convidam a seguir um roteiro, sem levar em consideração o caráter investigativo, a possibilidade de relação entre os experimentos e seus conceitos, além de não considerar o contexto histórico deste conceito trabalhado. Não se pode, entretanto, colocar única e exclusivamente, a culpa dos problemas do ensino de Biologia nos professores. Existe um conjunto complexo de causas, na relação professor, aluno e aprendizagem, entretanto, é possível citar os cursos de formação, deficientes que reforçam a aprendizagem passiva pelo formato expositivo das aulas de modo que “futuros professores torna-se mais habituados à recepção de conteúdos do que em ajudar a gerá-los” (CARVALHO; GIL PEREZ, 1995, p 69).

Talvez uma das grandes falhas do ensino de Biologia seja a não contextualização dos seus conteúdos, e isto pode ser o responsável pelo alto nível de rejeição do estudo desta Ciência pelos alunos, dificultando o processo ensino-

aprendizagem. Fechando um círculo para a aprendizagem dos conteúdos de Biologia.

Na tentativa de minimizar as dificuldades de se contextualizar os conteúdos, o presente trabalho vai de encontro às idéias proposta por Machado (2005), que enfatiza a contextualização ao próprio ato da descoberta ou da produção do conhecimento, que pode ser produzido ou simulado, com o objetivo de poder contextualizar o conhecimento no próprio processo de sua produção, criando condições para que o aluno experimente a curiosidade, o encantamento da descoberta e a satisfação de construir seu próprio conhecimento.

Favoráveis a contextualização proposta por Machado (2005), o presente trabalho sugere que esta contextualização será melhor compreendida com a inserção da História e Filosofia da Ciência, que já é uma forma de contextualização. Assim, na tentativa de minimizar a relação professor - aluno - aprendizagem o objetivo do presente trabalho está em diagnosticar as dificuldades de se contextualizar os conteúdos e apontá-las.

Entretanto ressaltamos que, em nosso trabalho, o objetivo é ressaltar as dificuldades da contextualização; pois, apesar de encarmos com simpatia tais idéias, neste trabalho de mestrado estamos interessados em abordar as dificuldades que a contextualização pode enfrentar quando colocada em prática, como vimos acima, não é nada simples, por exemplo, inserir uma personagem esquecida pela história.

Tais ações, como a de contextualizar os conteúdos usando a história e filosofia da ciência em disciplinas complexas como a Biologia, é extremamente importante, porém difíceis de realizar. A contextualização, por outro lado, não impede que os alunos resolvam questões clássicas de Biologia, principalmente se elas forem elaboradas buscando avaliar não só a evocação dos fatos, fórmulas ou dados, mas a capacidade de trabalhar a construção do conhecimento (CHASSOT, 1993, p. 39).

Para o desenvolvimento deste trabalho optou-se por uma pesquisa de natureza qualitativa que de forma geral segundo Ludke e André (1986), implica em promover o confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre um determinado assunto e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele.

Também de acordo com Bogdan e Bikle (1994), para uma pesquisa qualitativa servirão de base para este estudo as seguintes considerações:

- 1- A pesquisa qualitativa tem como fonte direta dos dados o ambiente natural e o pesquisador como instrumento-chave;
- 2- Os dados coletados são em sua maioria descritivos;
- 3- Os pesquisadores qualitativos preocupam-se muito com o processo e não apenas com os resultados e o produto;
- 4- O significado que as pessoas dão as coisas e à sua vida é uma questão fundamental na abordagem qualitativa.

Esta visão geral de pesquisa qualitativa proposta pelos autores acima citados foi importante para que optássemos por este tipo de pesquisa. Porém é importante deixar claro que não temos a preocupação de cumprir todas as características de uma tradicional pesquisa qualitativa que comumente encontramos na literatura e em diversos trabalhos científico. O que realmente está em jogo, é que de posse dos dados coletados, é fundamental analisá-los e evidenciar a existência ou não das dificuldades de uma contextualização dos conteúdos e conseqüentemente de apontá-las, além de perceber indícios da percepção da Ciência como conhecimento em constante construção, e, portanto sujeito as mudanças constantes.

Consideramos também que é importante deixar claro que a forma da coleta dos dados e conseqüentemente dos resultados poderiam ser obtidas usando quaisquer outros objetos de pesquisas como: livros ou manuais didáticos, artigos científicos ou outros materiais disponíveis na literatura, ou ainda diferentes sujeitos e, não necessariamente alunos. Reiterando que independente da forma como os dados foram coletados o que se deseja é atingir o objetivo do presente trabalho, ou seja, de apontar as dificuldades de uma contextualização histórica dos conteúdos. E para demonstrar que isto não é fácil, escolhemos o episódio histórico da construção da molécula da Dupla-Hélice do DNA, pela sua riqueza de dados e que mostra os vários aspectos da produção conhecimento humano.

### **3.2 SOBRE OS SUJEITOS DA PESQUISA**

Os sujeitos envolvidos na pesquisa foram vinte e oito (28), alunos com idade variada de 19 a 30 anos que cursam o 3º Ano do Curso de Licenciatura de Ciências Biológicas de um Centro Universitário na Cidade de Londrina – Paraná.

Informamos que todos os alunos envolvidos nesta pesquisa estavam cientes, quanto às suas participações e, de comum acordo entre eles e os professores-pesquisadores. É importante também mencionar que foi solicitada uma autorização por escrito por meio das quais os alunos concederam sua permissão para que os autores do trabalho utilizassem suas respostas como dados de pesquisas, e com a garantia de que permanecessem anônimos.

A pesquisa foi realizada durante os meses de Março e Abril de 2009, durante as aulas teóricas da disciplina de Metodologia e Prática de Ensino de Ciências Biológicas, com carga horária teórica de 35H/A, ministrada pela própria pesquisadora, que ao efetuar um duplo papel de professora e pesquisadora na referida turma estava ciente das implicações deste fato. Concordando com Nascimento (2008), em sua tese de mestrado cita que:

“é importante ressaltar que embora o duplo papel de professor/pesquisador pareça permitir que a coleta de dados se proceda de forma mais completa, uma vez que o pesquisador está imerso na realidade que está investigando, não podemos negar que a separação entre os papéis é, por vezes, difícil. Imaginamos que, de forma geral a subjetividade do pesquisador já é um ponto a ser considerado nas pesquisas qualitativas, quando o professor é o pesquisador essa subjetividade torna-se ainda mais presente, em função da relação que o professor desenvolve com a sala”.

### **3.3 SOBRE AS ETAPAS DA PESQUISA**

Nesta seção apresentaremos a descrição das quatro etapas desenvolvidas no trabalho, bem como a coleta dos dados.

#### **3.3.1 Primeira Etapa: Aula sobre a “História e Filosofia da Ciência: Uma Abordagem Histórica – Usar ou não usar a História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciência”**

Esta primeira etapa foi iniciada pela professora/pesquisadora que ministrou uma aula introdutória sobre História e Filosofia da Ciência, abordando como tema geral a importância da História e Filosofia da Ciência para o ensino,

considerando como e por que o uso da História e da Filosofia da Ciência pode possibilitar a compreensão dos conteúdos. Nesta aula foi apresentado aos alunos como a História e Filosofia da Ciência é vista por alguns autores e também como esta abordagem se apresenta nos documentos que norteiam nossa educação (PCNs, PCNEM e DNCs), além de destacar os pontos positivos e negativos do seu uso em sala de aula. Esta aula foi gravada em CD para futuras análises dos resultados.

É importante considerar que a sala de aula é um ambiente propício para coletas de informações, pois é um mundo rico em trocas de conhecimentos, diante deste ambiente foi possível observar a participação e o interesse dos alunos em relação ao assunto abordado.

De acordo com BOGDAN E BIKLE (1994), a pesquisa qualitativa apresenta um encaminhamento metodológico amparado em algumas características, que segundo Teixeira e Freire (2001), uma destas características se refere ao ambiente colocado pelos autores acima da seguinte forma:

“O ambiente natural funciona como a fonte direta dos dados e o pesquisador como principal instrumento. O pesquisador deve estar em contato direto e prolongado com o ambiente e com situação em estudo para melhor compreender a influência que estes (ambiente e situação investigada) sofrem do contexto”.

### **3.3.2 Segunda Etapa: Filme - “O Segredo da Vida”**

Esta etapa corresponde à apresentação aos alunos de um documentário científico sobre a descoberta da molécula da Dupla-Hélice do DNA. Este filme intitulado como “O Segredo da Vida” mostra que a descoberta do DNA, foi um marco para a revolução da genética e com ela as respostas para muitas perguntas do passado e futuro. Apresenta a vivência dos principais cientistas envolvidos neste episódio, cujos esforços e sucessos transformaram o nosso futuro biológico. Mostrando os fatos em forma de narrativa e depoimentos dos vários cientistas que participaram deste episódio histórico, entre eles James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins, Peter Pauling, Linus Pauling, Rosalind Franklin e Raymond Gosling entre outros, contando os principais fatos e etapas de como tudo

aconteceu, seus erros, seus acertos, além de retratar a importância desta molécula para o futuro da Ciência. Destacando a fala de Watson que descobrir o DNA disse... *foi como se você tivesse visto a mulher mais bonita do mundo e quisesse vê-la novamente. Foi fantástico!*

Ao final da apresentação foi solicitado aos alunos que individualmente respondessem à questão - Qual a sua opinião sobre o uso da História e Filosofia da Ciência, no ensino de ciências? Para ser entregue na próxima semana, para que por meio das respostas dos alunos pudessemos tomar conhecimento sobre o que os alunos entendem por História e Filosofia da Ciência e de sua importância para o ensino de Ciências, especificamente para o ensino de Biologia. O objetivo desta atividade foi levar os alunos a uma reflexão sobre a construção do conhecimento científico, explicar o que eles entendem sobre as semelhanças e diferenças em relação ao senso comum e o conhecimento científico e o papel dos modelos de Ciências. As possibilidades pedagógicas quanto ao uso de filmes em sala de aula são inúmeras. Sabe-se que o filme como recurso didático ajuda na formação de alunos e professores, uma vez que propicia uma atração especial, envolve a todos, mobiliza a atenção, altera emoções, explora a percepção, valores e opiniões. Quanto ao fato dos alunos responderem as questões após a apresentação do filme foi uma opção metodológica dos autores do trabalho.

### **3.3.3 Terceira Etapa: Palestra- “Rosalind Franklin e seu Papel na Construção do Modelo da Dupla-Hélice do DNA”**

Em continuidade a metodologia proposta pelo trabalho, nesta terceira etapa, o Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva proferiu uma palestra aos alunos sobre Rosalind Franklin e seu Papel na Construção do Modelo da Dupla-Hélice do DNA, também gravada em CD. O tema desta palestra é o resultado de anos de pesquisas e apresentada pelo Prof. Dr. Marcos R. da Silva em função do seu grande domínio do conteúdo em questão, tendo inclusive vários artigos publicados na área em livros de bibliografia atualizada, sendo considerada pela comunidade acadêmica como pesquisa de ponta.

Após a apresentação do Prof. Dr. Marcos foi solicitado aos alunos que também individualmente respondessem um bloco de três questões, que como ao procedimento anterior entregassem suas respostas na semana seguinte. As três questões feitas aos alunos foram:

1- Descreva as pesquisa de Rosalind e Watson e Crick. Sob a justificativa de verificarmos se os alunos de fato, compreenderam o assunto, ou seja, se eles de fato conseguiram entender a diferença entre os trabalhos de todos os pesquisadores envolvidos neste episódio, bem como suas tradições de pesquisas.

2- Dado que foi Rosalind, quem apresentou as evidências empíricas mais importantes sobre a Dupla-Hélice, por que Rosalind não construiu o Modelo da Dupla-Hélice do DNA? A justificativa desta pergunta está em verificar se os alunos compreenderam o papel de Rosalind no episódio, e mais, espera-se que eles deixem claro suas concepções sob três aspectos importantes: - Rosalind não teve sucesso na construção da Dupla-Hélice, justificada pela atribuição de ser “ant-hélica”. Rosalind foi uma injustiçada na vida profissional, até pelo fato de sua condição de ser uma cientista mulher, ou seja, não foi dado tempo e oportunidade para que ela construísse o modelo da dupla-hélice, ou porque Rosalind não tinha o objetivo de descobrir o modelo da Dupla-Hélice, uma vez que pela sua própria maneira de ser, e por sua tradição de pesquisa, ela sempre foi uma pesquisadora centrada em pesquisas empíricas de fibras de carbono, o que a conduziram a interessa-se pela difração dos raios X e por técnicas de cristalografia e não pela molécula do DNA.

3- Você acha que o trabalho de Rosalind deveria ter merecido maior mérito em apreciação pelos historiadores? A justificativa para esta pergunta é que os alunos consigam ter uma resposta que explique porque o nome de Rosalind não é citado em muitos livros e manuais didáticos de todos os níveis de ensino.

#### **3.3.4 Quarta Etapa: Artigo Científico- “Rosalind Franklin e seu Papel na Construção do Modelo da Dupla-Hélice do DNA”**

Nesta última etapa da aplicação da metodologia proposta pelo trabalho foi entregue aos alunos o artigo científico escrito pelo do Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva sob o mesmo título da palestra - Rosalind Franklin e seu Papel

na Construção do Modelo da Dupla-Hélice do DNA, artigo este que veio reforçar as considerações e posicionamentos apresentados anteriormente na palestra sobre o papel e os objetivos de Rosalind e de Watson e Crick. O objetivo desta etapa foi de verificar se a contextualização se apresenta de forma mais ou menos complexa do que as etapas do filme e da palestra. Pois, diferentemente do filme e da palestra, a linguagem do artigo segue o padrão de artigos científicos. Neste sentido gostaríamos de verificar se a contextualização difere em dificuldades de acordo com o veículo pedagógico escolhido.

Seguindo na mesma linha metodológica para encerrar esta quarta etapa, foi solicitado aos alunos que respondessem uma última pergunta – Diante do episódio que envolveu a construção do modelo da Dupla-Hélice do DNA, qual sua apreciação a respeito da diferença entre um trabalho teórico e um trabalho experimental?

De posse de todo material fornecidos pelos alunos foram iniciadas as análises dos dados seus resultados, conclusões e considerações gerais que serão descritas no capítulo quatro.

## **CAPÍTULO 4**

Após as análises dos dados oriundos da aplicação da metodologia desenvolvida nas quatro etapas do trabalho, apresentaremos a descrição dos resultados obtidos em cada etapa de acordo com as atividades metodológicas já descritas anteriormente, bem como as perguntas, as respostas dos alunos e as considerações que se fizerem necessárias.

### **4.1 PRIMEIRA ETAPA - AULA SOBRE A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA: PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS EM SALA DE AULA**

Nesta etapa que foi à aula sobre a História e Filosofia da Ciência, o resultado observado foi o grande interesse e as participações dos alunos pelo assunto abordado além de perceber uma aceitação imediata dos mesmos, porém os alunos não contestaram a importância do uso da História e Filosofia da Ciência ao ensino e isso nos levou a crer que a real importância que deram a história e filosofia da ciência, foi simplesmente insignificante em termos cognitivos. Em momento algum ocorreu uma discussão mais aprofundada do conteúdo, o que tornou a aula num simples “repasso de conteúdo”.

### **4.2 SEGUNDA ETAPA – FILME “O SEGREDO DA VIDA”**

Esta segunda etapa referente à apresentação do documentário científico sobre a descoberta da molécula da dupla-hélice do DNA, e que ao final da apresentação os alunos teriam que responder a uma pergunta; dos 28 alunos que assistiram o documentário somente 20 alunos entregaram suas respostas referente à pergunta abaixo.

### 4.2.1 Pergunta

Qual sua opinião sobre o uso de História e Filosofia da Ciência, no ensino de Ciências?

Na seqüência descreveremos na íntegra algumas das respostas desta pergunta, em função da demais respostas estarem em consonância com as que serão apresentadas abaixo.

#### 4.2.1.1 Respostas

*...“Que a história e filosofia da ciência estimula o aluno a compreender e aprender melhor, além de estimular a prestar mais atenção nas aulas, tendo com isso a possibilidade de desenvolver seu lado crítico e sua curiosidade”...*

*...“Que a história e filosofia da ciência é extremamente pertinente ao ensino, pois o seu uso é uma forma de conseguir atrair a atenção do aluno e ajuda a construir seus conhecimentos fundamentados em uma história, além de torna o ensino mais atraente e envolvente”...*

*...“O uso da história e filosofia da ciência valoriza as aulas e seus conteúdos, ou seja, que a aula passe do simples repasse de conteúdo para algo mais vibrante e interessante, e que faça sentido o aprendizado de novos conhecimentos”...*

*...“Que a história e filosofia da ciência é fascinante, porém é importante deixar claro que toda história quando bem contada e de forma verídica prende quem ouve e causa sentimentos diversos para quem conta e para quem ouve. A história e filosofia da ciência é uma ferramenta preciosa nas mãos de um professor e trará excelentes resultados, aproximando o aluno do conteúdo, o aluno do professor e o aluno dele mesmo. Quando bem utilizada pode surpreender quem conta e quem ouve”..*

*...“Que consideram o Ensino de Ciência de forma geral, um ensino de difícil compreensão e isto fazem com que os alunos se encontrem desmotivados*

*quanto ao processo de aprendizagem; e que o uso da história e filosofia da ciência é uma forma de conseguir atrair a atenção desses alunos e ajudá-los a construir seus conhecimentos fundamentados em uma história, além de tornar o ensino mais atraente e envolvente”...*

#### **4.2.1.2 Considerações**

Em relação à pergunta acima se pode observar pelas respostas dos alunos, que alguns alunos consideram o ensino de Ciências e no caso da Biologia, requer um esforço maior para apropriar-se dos conteúdos e o uso da História e Filosofia da Ciência é uma forma de estimulá-lo a compreender melhor estes conteúdos, valorizando-os e conseqüentemente motivando-os a interessar-se mais pelas aulas, tendo com isto a possibilidade de desenvolver seu lado crítico e sua criatividade. A partir de suas respostas pode-se também observar que o uso da História e Filosofia da Ciência no ensino é bem aceito pelos alunos que vêm por meio desta abordagem uma forma de sucesso no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem. É importante ressaltar também que o filme como um veículo pedagógico atua no papel de prender a atenção dos alunos, uma vez que sai da rotina das aulas expositivas, porém é necessário considerar que somente “passar o filme por passar” sem trabalhar sua essência, e refletir sobre ela, ou seja, quando não estamos levando a sério a História e Filosofia da Ciência, esta se torna muito interessante aos alunos. Em relação ao comportamento dos alunos pode-se notar que o entusiasmo apresentado ao final do filme foi o mesmo ao final da aula realizada na primeira etapa, somente superficial e mais uma vez não ocorreu o que esperávamos, ou seja, levar os alunos a fazerem uma reflexão sobre como ocorre à construção do conhecimento científico.

#### **4.3 TERCEIRA ETAPA – PALESTRA “ROSALIND FRANKLIN E SEU PAPEL NA CONSTRUÇÃO DO MODELO DA DUPLA-HÉLICE DO DNA”**

Em continuidade a metodologia desenvolvida no trabalho, na terceira etapa ficou estabelecida que após a apresentação da palestra proferida pelo Prof.

Dr. Marcos Rodrigues da Silva sobre “Rosalind Franklin e seu Papel na Construção do Modelo da Molécula da Dupla-Hélice do DNA”, os alunos respondessem a três perguntas. Dos 28 alunos que assistiram a palestra somente 15 alunos emitiram suas respostas.

Apresentaremos aqui também na íntegra algumas das respostas dos alunos referentes às três perguntas feitas, uma vez que as demais respostas estão em consonância com as apresentadas abaixo.

### 4.3.1 Primeira Pergunta

A primeira pergunta feita foi: Descreva as pesquisas de Rosalind Franklin e de Watson e Crick.

#### 4.3.1.1 Respostas

As respostas dos alunos foram...*“Que ambos Rosalind e Watson e Crick pesquisavam a estrutura do DNA, porém Rosalind pesquisava esta estrutura a partir de estudos da difração do raio-x. E Watson e Crick pesquisavam a estrutura do DNA construindo modelo, embora eles já tinham tido acesso aos dados de Rosalind (picture 51), obtida a partir da difração do raio-x”...*

*...“Rosalin desenvolveu um trabalho experimental com a difração do raio-x, voltado para a estrutura química do DNA. O qual era o seu único interesse. Watson e Crick se orientavam a procurar a estrutura da molécula do DNA como um dos meios para a solução de problemas genéticos, pois eles perceberam da importância do DNA a genética”...*

*...“Quanto às pesquisas, Rosalind era uma pesquisadora de tradição experimental e a segurança dos dados para ela era o fator mais importante, a partir dos próprios dados. Já Watson e Crick pensavam no DNA como uma solução para os problemas da genética, a partir de concepções teóricas e a partir destas concepções construírem o modelo do DNA para explicar sua função”...*

*...“Quanto as suas pesquisas todos Rosalind, Watson e Crick pesquisavam como era a molécula do DNA, mas quem de fato descobriu foi Rosalind, ela só não sabia como comprovar por falta de tempo e Watson e Crick tiraram do papel e construíram o modelo que comprovasse aquilo que Rosalind já havia descoberto”...*

#### **4.3.1.2 Considerações**

Quanto as respostas dos alunos em relação a esta pergunta pode-se observar que para eles Rosalind era uma pesquisadora de técnicas totalmente experimentais e que suas pesquisas estavam voltadas para o estudo da difração do raio-x, e como conseqüências destes estudos à levaram a molécula de DNA. Molécula esta que em sua visão o que era realmente importava era sua estrutura e composição química. De forma que Rosalind defendia a Ciência na compreensão do mundo, para ela a Ciência era uma explicação parcial da vida na medida em que ela progride, ela se baseava em fatos, na experiência e em seus experimentos. E as pesquisas de Watson e Crick eram de natureza teórica e suas buscas pela estrutura do DNA, iam mais além, buscavam o que esta molécula pudesse representar no futuro da Ciência, e em especial para o desenvolvimento dos programas de investigação em genética, utilizaram-se da arte para construírem o modelo. O que fica muito claro neste episódio é à maneira de Watson e Crick desenvolverem suas pesquisas ser bem diferente de Rosalind, ou seja, um totalmente teórico e outro totalmente prático, o que não significa dizer que qualquer um destes métodos esteja certo ou errado, tudo dependendo do contexto em que ocorrem os fatos, juntos ou separados ambos são importantes, pois podem proporcionar um novo ângulo de visão do assunto, permitindo que se verifiquem a origem de um determinado conceito, ou quais dados experimentais permitam formular uma dada teoria, de forma que os conceitos se ampliam. Pelas respostas dos alunos pudemos verificar que eles de fato entenderam as diferenças metodológicas adotadas tanto por Rosalind como para Watson e Crick mediante uma pesquisa.

### 4.3.2 Segunda Pergunta

A segunda pergunta feita aos alunos foi: Dado que foi Rosalind, que apresentou as evidências mais importantes sobre a dupla-hélice, por que então Rosalind não construiu o modelo da Dupla-Hélice do DNA?

#### 4.3.2.1 Respostas

As respostas dos alunos foram: ... *“Que foi somente por questão de tempo, e isso a impediu de comprovar empiricamente seus dados, conseqüentemente Watson e Crick construíram o modelo da dupla-hélice do DNA”...*

...*“Porque não era o seu interesse ou a sua intenção, ela estava focada nas propriedades químicas do DNA e não no por que da dupla-hélice e em sua possível função”...*

...*“Porque ela precisava de dados mais plausíveis, mais conclusivos para expor seu trabalho à comunidade científica”...*

...*“Rosalind não conseguiu, faltou a ela um pouco mais de empenho, não que ela não se empenhasse em seus trabalhos muito pelo contrário, neste caso, ela deveria ter sido mais enfática, para mim faltou empenho e vontade científica por parte dela”...*

...*“Rosalind teve sim uma contribuição na construção do modelo fornecendo evidências acerca da dupla-hélice, isto ocorreu porque ela era muito ligada a seus escrúpulos metodológicos de não propor o modelo antes de estar segura sobre seus dados, além de tudo ela estava centrada nas técnicas de difração do raio-x.”...*

#### 4.3.2.2 Considerações

A intenção desta pergunta estava em verificar se os alunos de fato compreenderam o papel de Rosalind neste episódio e que eles deixassem claro

alguns aspectos considerando que Rosalind não descobriu o DNA porque ela era uma “anti-hélica”, porque foi injustiçada, porque ela não teve tempo e nem oportunidade ou porque ela não tinha o objetivo de descobrir o DNA, em função da sua tradição de pesquisa (experimental). De acordo com as repostas dos alunos referentes à segunda pergunta desta etapa, pode-se dizer que para eles Rosalind não construiu o modelo da dupla-hélice por fatores considerados até simples, pela falta de tempo para se chegar a uma descoberta, não pela sua incapacidade, mas principalmente pela sua maneira de ser, uma pesquisadora experimental e que para expor seus dados deveria ter a certeza sobre eles. E agregado a isto, Rosalind não tinha o objetivo de descobrir o modelo da dupla-hélice do DNA, uma vez que para ela o DNA era uma molécula como outra qualquer.

Desta feita, neste trabalho defendemos que Rosalind não tinha a intenção de construir o modelo da dupla-hélice. Acreditamos que seu interesse era mais voltado para as questões empíricas. Assim, o fato dela não ter construído o modelo, não é para nós um demérito. Fato este bastante destacado na palestra do Prof. Dr. Marcos quando proferida aos alunos. Isto parece apontar as dificuldades dos alunos em sair das “armadilhas”, ou seja, muitos haviam desenvolvido uma idéia, a de que Rosalind havia sido injustiçada e mesmo após ouvir outra versão sobre os fatos insistem em apresentar Rosalind como uma vítima. Neste sentido os alunos responderam a nosso contento.

### **4.3.3 Terceira Pergunta**

Você acha que o trabalho desenvolvido por Rosalind deveria ter merecido maior mérito em apreciação pelos historiadores?

#### **4.3.3.1 Respostas**

As resposta dos alunos foram...*“Acho que ambos os de Rosalind e de Watson e Crick foram importantes, porém Rosalind deveria ter ganho mais crédito dos historiadores, afinal foram os seus dados que contribuíram para a construção do modelo do DNA”...*

*...“Com certeza somente pelo fato que foi com os seus resultados experimentais que foi possível construir o modelo do DNA”...*

*...“Sim só por ela ter conseguido a picture 51, já foi um grande mérito, pois isto fez com que fossem sanadas muita dúvidas e isto foi decisivo para a construção do modelo do DNA”...*

*...“Sim primeiro por ser uma cientista mulher, o que era difícil naquela época e segundo pelo seu feito histórico, a picture 51”...*

#### **4.3.3.2 Considerações**

Na opinião dos alunos independente da maneira de Rosalind conduzir suas pesquisas experimentais, do tempo, do seu objetivo ou até mesmo de terem sido Watson e Crick que construírem o modelo do DNA e de suas formas de trabalhos, Rosalind deve sim ser lembrada, referenciada e reconhecida com todos os méritos porque foi a partir de seus dados a (picture 51) que abriram-se os caminhos para o sucesso de Watson e Crick e para as Ciências, uma vez que ainda eram desconhecidos por muitos na comunidade científica.

Parece não ter havido por parte dos alunos, uma visão clara sobre o que representa a descoberta da dupla-hélice do DNA. A visão dos alunos parece indicar que os mesmos valorizam em alto grau a descoberta em si, deixando de considerar o que Watson e Crick fizeram após a descoberta, ou seja, Watson e Crick desenvolveram um complexo programa de pesquisa que teve como ponto de partida, a descoberta do DNA. Por outro lado, é preciso ressaltar que os interesses de Rosalind eram outros, que não era o DNA, sua principal preocupação e por que não dizer seu objetivo era outro, a cristalografia. Ao contrário de Watson e Crick que tinham o DNA como principal foco.

#### **4.4 – Quarta Etapa - Artigo Científico “ Rosalind Franklin e seu papel na Construção do modelo da Dupla-hélice do DNA”**

Nesta quarta etapa do trabalho foi solicitado aos alunos que após a leitura do artigo científico do Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva foi: Diante do

episódio que envolveu a construção do modelo da dupla-hélice do DNA, eles respondessem a uma última pergunta. Dos 20 alunos que receberam o artigo somente 8 alunos entregaram suas respostas que tiveram o mesmo encaminhamento metodológico das outras respostas das etapas anteriores.

#### 4.4.1 Pergunta

Qual sua apreciação a respeito da diferença entre em trabalho teórico e um trabalho experimental?

##### 4.4.1.1 – Respostas

As repostas dos alunos foram ...*“Um trabalho teórico em si muitas vezes não passa de uma revisão bibliográfica ou uma simples hipótese a ser testada, onde nada pode ser comprovado. Na minha opinião nenhuma hipótese pode ser comprovada se não for aplicada na prática. Já o trabalho experimental comprova uma hipótese teórica”...*

*...“Ambos os trabalhos teóricos e práticos são de extrema importância para a Ciência e para seus cientistas. Uma vez que nem sempre existe uma maneira de se obter dados experimentais de um determinado objeto de pesquisa e, portanto o trabalho teórico assume o papel de criar modelos, propostas e hipóteses. Em contrapartida, os trabalhos experimentais tem sua importância por estarem baseados em eventos que ocorreram de verdade e, portanto comprovar os resultados”...*

*...“Para o trabalho experimental o problema a ser investigado carece de um método específico para atingir seus objetivos. Objetivos estes, que permitam chegar a evidências que permitam com segurança fazer qualquer inferência a partir dos resultados. No caso de Rosalind, sua preocupação era com a estrutura química do DNA, pois tinha uma tradição de pesquisa. Quanto a Watson e Crick, estes*

*faziam parte de um grupo de pesquisadores que estavam interessados no DNA, no que diz respeito a sua função na informação genética. Obviamente que a apropriação de um modelo explicativo facilitou esta tarefa no sentido de fazer avançar os programas de genética molecular. Em resumo, um trabalho teórico e um trabalho experimental são coisas distintas, porém na ciência acabam se integrando sendo incoerente colocar esta questão em disputa”...*

*...“Para que qualquer trabalho científico fazer sentido, não é possível e especificamente neste caso, um modelo complexo como o DNA não unir o trabalho experimental ao trabalho teórico”...*

#### **4.4.1.2 Considerações**

Finalmente em relação à pergunta referente a quarta etapa, na opinião da maioria dos alunos é fundamenta a união entre teoria e prática. Ambas são importantes para o desenvolvimento de um trabalho de pesquisa, ficando claro pelas suas resposta que quando se refere à construção de modelos, como foi o caso do DNA, o trabalho prático é fundamental. Não descartam a importância do trabalho teórico, porém valoriza muito a prática. Vale ressaltar que já tínhamos percebido essa impressão. Uma vez que sabedores das dificuldades do trabalho com a História e Filosofia da Ciência, acreditamos que seu uso, embora pudesse ser de grande valia para uma melhor contextualização do conteúdo, esbarra na forma de como os alunos a encaram. Acreditamos que estas dificuldades não são exclusivas deste episódio, mas sim uma dificuldade de utilização da História da Ciência.

#### **4.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS DAS QUATRO ETAPAS**

Ao analisar os resultados obtidos em todas as questões levantadas é possível inferir que a História Filosofia da Ciência pode auxiliar a compreensão do aluno e aproximá-lo do proposto por Machado (2005). Porém é necessário ressaltar que o trabalho com tal abordagem é um grande desafio a professores e alunos. Os

professores não dispõem de material confiável para fundamentar suas aulas, e os alunos por sua vez estão acostumados mais a produtos prontos, do que a análise do processo, e correm o risco de enxergarem a história da ciência como “perfumaria”, ou somente de forma ilustrativa.

Assim o grande desafio que parece surgir da nossa pesquisa é: como trabalhar com a História e Filosofia da Ciência no cotidiano das salas de aula, de forma que ela possa ser usada para auxiliar os alunos a uma correta interpretação dos episódios científicos, ou seja, como contextualizar um episódio científico por meio da história.

Pela literatura e pela nossa prática vimos que a utilização da História e Filosofia da Ciência pode favorecer a contextualização dos conteúdos, porém é preciso verificar se esta contextualização considera o contexto do próprio ato da descoberta ou da produção do conhecimento que pode ser produzido ou simulado, ou seja, se esta contextualização ocorra em nível da construção do próprio conhecimento com autonomia, além de criar condições para que este aluno experimente a curiosidade e o encantamento da descoberta. Na prática isto é difícil acontecer, porque os alunos parecem continuar deterministas, pontuais em relação à história. Este problema pode ser visto inclusive no próprio episódio estudado por nós. Quando Watson questionou por que Rosalind não decifrou a estrutura molecular do DNA, ele também, cria um problema historiográfico, uma vez que ela parte do princípio que Rosalind, tanto quanto ele e Crick tinha como foco principal o DNA, o que não é verdade. Porém, ao ouvir tal “pergunta” muitos historiadores parecem ter se preocupado mais em respondê-la do que em descobrir se, de fato se essa questão existia.

Um exemplo desta posição dos alunos foi em relação ao episódio da dupla-hélice do DNA. Mesmo depois se contextualizar historicamente por meios dos vários veículos pedagógicos utilizados neste episódio, parece que os alunos não compreenderam a real importância de Watson e Crick e de Rosalind na construção do modelo do DNA e consquentemente, para o desenvolvimento dos programas genéticos. Por meio de suas respostas podemos observar que mesmo depois de todo o processo da contextualização (aula, filme, palestra e artigo científico), eles ainda afirmam que Watson e Crick foram quem construíram o modelo da dupla-hélice do DNA e ponto final, e que Rosalind foi injustiçada, ela deveria sim receber os méritos deste fato e ponto. Deixando claro que não perceberam que a construção

do modelo do DNA enquanto unidade científica isolada foi menos importante do que esta molécula representou e representa ainda hoje para o desenvolvimento dos programas desenvolvidos na Genética, enquanto Ciências e os alunos aparentemente não foram capazes de contextualizar o episódio. Este foi visto pelos alunos de forma pontual.

Decifrar a molécula do DNA inclui muito mais do que sua estrutura molecular, e isso foi tudo que Rosalind, dentro de suas pesquisas poderia conseguir, ou seja, para Rosalind isso (a estrutura do DNA) era apenas parte do seu trabalho, e para Watson e Crick a descoberta do DNA, foi ao mesmo tempo ponto de chegada e/ou de partida. E os alunos não foram capazes de perceber a impossibilidade de comparar de forma a depreciar um trabalho em função de outro, ou ao menos de considerar todo o contexto da história.

Outro ponto que merece destacar é que dos vinte e oito alunos que iniciaram na primeira etapa somente oito alunos concluíram as quatro etapas propostas no trabalho, mostrando que à medida que o grau de dificuldades das perguntas foi aumentando, assim como também aumentando as dificuldades dos processos de contextualização os alunos foram desistindo, e isto mais uma vez reforça dizer que quando se utilizar da História e Filosofia da Ciência a faça de forma séria e verdadeira, conhecendo todo o contexto de uma história, ou então, definitivamente não se utiliza.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo apresentar as dificuldades da contextualização dos conteúdos, em sala de aula, usando episódios históricos. O episódio escolhido para o trabalho foi o da construção da molécula da dupla-hélice do DNA em especial por seu caráter controverso.

James Watson ao questionar os motivos que levaram Rosalind a não ser capaz de descrever a molécula mesmo tendo em mãos a mais importante evidência empírica, gera uma discussão importante. Discussão esta sobre o papel dado a Rosalind na história do DNA. Essa discussão foi o pano de fundo do nosso trabalho.

Desenvolvemos com os alunos uma seqüência pedagógica usando para isso vários veículos pedagógicos (aula, filme, palestra, artigo científico), objetivando observar a reação dos mesmos quanto ao uso da História e Filosofia da Ciência e ao tipo de veículo pedagógico utilizado de maneira contextualizada.

Foi possível observar que o uso da História e Filosofia da Ciência apresentam-se como um instrumento de “difícil manuseio”. Embora nossos resultados apontem para alguns destaques positivos de sua utilização, porém reafirmamos que o que realmente merece destaque são as dificuldades encontradas para se contextualizar um conteúdo.

Por vezes pode parecer que a mera utilização de fatos históricos pode ser suficiente para o aluno contextualizar o conteúdo em questão, mas isto na prática não se confirmou em função que nos resultados obtidos observamos que as dificuldades para este trabalho de contextualização são muitas. Os alunos apresentaram dificuldades em construir conceitos de forma crítica a partir da metodologia adotada. Apesar do grande envolvimento, participação e interesse por eles demonstrado parece haver ainda uma forte tendência a enxergar os acontecimentos históricos de forma pontual, estáticos e de não relacionar este conteúdo ao seu contexto histórico. Diante disso, acreditamos que faz-se necessário um olhar ainda mais cuidadoso de como utilizar a história da ciência nas salas de aulas de biologia, tanto na educação básica quanto no ensino superior.

É importante ressaltar também que apesar dos resultados apontarem para alguns aspectos positivos quando da utilização da história da

ciência, e para alguns dos pontos apresentados na contextualização proposta por Machado (2005), quando se refere à contextualização no sentido de que contextualizar o conhecimento no próprio processo de sua produção de criar condições para que o aluno experimente a curiosidade e o encantamento da descoberta. De fato, estes pontos foram atingidos, tanto que podemos citar o aumento do interesse e a motivação dos alunos nas aulas, que no contexto escolar interesse e motivação são vistos como determinantes críticos do nível da qualidade da aprendizagem e desempenho do aluno. Porém, os resultados também apontaram que mesmo utilizando diferentes maneiras de contextualizar um episódio científico (aula, filme, palestra, artigo científico) e todo o trabalho desenvolvido, os alunos ainda apresentam grandes dificuldades na contextualização histórica, não conseguindo contextualizar seu conhecimento com autonomia e também não desenvolver o seu lado crítico.

Assim acreditamos que apresentar nossas dificuldades, abre-se portas para novas pesquisas, prova disso é que pretendemos (pelo menos a autora do trabalho), repetir a sequência didática utilizada com os alunos do Ensino Superior com os alunos do Ensino Médio, dentro de um projeto de capacitação continuada do Estado do Paraná, o PDE (Programa de Desenvolvimento Educacional), em função de a autora estar neste ano de 2009, fazendo parte deste programa. Lembrando que em momento algum tivemos a pretensão de esgotar o assunto.

Finalmente acreditamos que este trabalho possa acrescentar mais alguns pontos na já acalorada discussão acerca do uso da história e filosofia da ciência nas salas de aulas.

## REFERÊNCIAS

ANDERY, M. A. et al. **Para compreender a Ciência**. São Paulo: EDUC, 1998.

ARAÚJO, I. L. **Introdução à Filosofia da Ciência**. Curitiba: UFPR, 2002.

ASTOLFI, J. P. **A Didática das Ciências**. Campinas: Papirus, 1991.

AYRES, N.; FERRI, L. M. G. C. Considerações para educação no Trânsito. **Rev. Científica da Universidade do Oeste Paulista**, v. 2, n. 1, 2004.

BACHELAR, G. **A epistemologia**. Rio de Janeiro: edições 70, 1971.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil, período: 1950-1980. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 38, n. 12, p.1970-83, dezembro, 1986.

BEHRENS, M. A. O paradigma emergente e a prática pedagógica. In: PEDRANCINI, V. D. et al., **Revista Eletrônica de Ensenanza de las Ciências**, v. 5, p. 229-309, 2007.

BOGDAM, R. C.; BICKLEN, S. **Investigação Qualitativa na Educação**. Portugal: Porto, 1994.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. do R. Tendências Contemporâneas do Ensino de Biologia no Brasil. **Revista Eletrônica de Ensenanza de Las Ciências**, v. 6. n. 1, 2007.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação. Uma Introdução à Teoria e aos Métodos**. Porto: Porto Editora. 1994.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, Lei no. 9.394/96 Diretrizes e Bases da Educação Nacional, São Paulo, 1996.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 1999.

BRODY, D.; BRODY, A. R. **As sete maiores descobertas científicas da história.** Trad. Laura Teixeira Motta. São Paulo, Cia. das Letras, 1999.

CARNEIRO, M. H. da S.; GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia. **Revista Ciência e Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CASTRO, R. S. de. Uma e Outras histórias. In: **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática** / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação.** São Paulo: FTP, 1999.

DANVEPORT, T.; PRUSAK, L. **Conhecimento Impresarial: Como as organizações Gerenciam seu Capital Intelectual.** Trad. Lentes Peres. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

Dicionário Interativo da Educação Brasileira – agencia educa Brasil. Disponível em: <<http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionário.asp?id=55>> acessado em 12/09/2007.

DOMINGUES, J. L.; TOSCHI, N.; OLIVEIRA, J. F. **A reforma do Ensino Médio: uma formulação curricular e a realidade da escola pública.** EDUC. SOC., Apr. 2000, v. 21, n. 70, p. 63-70.

FERRAR, I. N.; SCHEID, N. M. J. História do DNA e educação científica. In: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino.** São Paulo: Livraria da Física, 2006.

FERREIRA, M. S. et al. Trajetória histórica da disciplina escolar ciências no colégio de Aplicação da UFRJ (1949/1968). **Revista Pró-posições.** Faculdade de Educação - UNICAMP, v. 12, n. 1 (34), março, 2001.

FREIRE-MAIA, N. **As Ciências por dentro.** Petrópolis: Vozes, 1990.

GIASSI, M. G.; MORAES, E. C. de. A Contextualização no Ensino de Biologia e sua Importância para a Compreensão do Cotidiano. Disponível em: <[http://forumubatorres.com.br/2008/mesa\\_texto/Mesa%2011B%20-%Giassi.Pdf](http://forumubatorres.com.br/2008/mesa_texto/Mesa%2011B%20-%Giassi.Pdf)>. Acessado em 18/05/2009.

GIL, D. P. La metodología científica Y la enseñanza de las ciências? **Ensenanza de las Ciências**, v. 6, n. 3, p. 291-296, 1988.

KRASILCHIK, M. **Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

KRASILCHIK, M. (2004) In: BORGE, R. M. R.; LIMA, V. M. R. Tendências Contemporâneas do Ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electronica de Ensenanza de las Ciências**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2005.

KUHN, T. S. **A Estrutura das revoluções científicas**. 9ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2007.

LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade e fora**. São Paulo: Unesp, 2000.

LOPES, A. C. **Os Parâmetros Curriculares para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização**. Educ.Soc., v. 23, n.80, p. 386-400, sept., 2002.

LOVO, A. M. R. **Filosofia e Educação: o conhecimento em sua dimensão evolutiva**. Curitiba: Qualogic, 2000.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária, 1986.

MAYR, E. **A Evolução do Pensamento Biológico**. Brasília: ed. Da UNB, 1998.

MACHADO, N. J. Interdisciplinaridade e Contextualização. In: **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): Fundamentação Teórica-Metodológica. Brasília: O Instituto, 2005.

MARTINS, R. A. de. Arquimédes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

MARTINS, R. A. de. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. Pp. xxi-xxxiv. In: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINS, L. A. P. **A História da Ciência e o Ensino de Biologia**, n. 5, 1998.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. Rontdlege, Nova Iorque, 1994.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MELLO, G. N. **Desafios e tendências na formação de professores para a educação básica**. Congresso Educador 2000. disponível em <nova escola on line> acesso em 08/12/2008.

MORTIMER, E. F. **Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para onde Vamos?** III Escola de Verão de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia, Serra Negra, São Paulo, 1994.

NASCIMENTO, V. B. A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

PARANÁ, Secretaria de Estado de Educação. **Diretrizes Curriculares de Biologia**, 2006.

PUMFREY, Stephen History of science in the National Science Curriculum: a critical review of resources and their aims. **The British Journal for the History of Science**, v. 24, p. 61-78, 1991.

RANGEL, A. J. **O Ensino de Física e a Formação de Competências e Habilidades Cognitivas na primeira série do Ensino Médio**. Dissertação de mestrado. Brasília: UCB, 2002.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. **Revista Investigação em ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 257-274, 2008.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, R. Os Parâmetros Curriculares Nacionais na Formação Inicial de professores das Ciências da Natureza e Matemática no Ensino Médio. **Revista Investigação em ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, 1994.

ROZA, S. 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 sua relação com a descoberta do DNA como material genético.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em ensino de Ciência e Educação Matemática), Universidade Estadual de Londrina. Londrina.

RUSS, J. **Dicionário de Filosofia.** São Paulo: Scipione, 1994.

SANTOS NETO, A. D. **O Processo de Contextualização nas Escolas Públicas de Ensino Médio do Distrito Federal com desempenho acima da média no ENEM.** Universidade Católica de Brasília. Dissertação de Mestrado, Brasília, 2006.

SAVIANE, D. 1989. In: TEIXEIRA, PAULO MARCELO M. A Educação Científica sob a perspectiva da Pedagogia Histórico Crítica e do movimento C.T. S no Ensino de Ciências. **Revista Ciência e Educação**, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

SILVA, M. R. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla hélice do DNA. **Revista Scientiae Studia**, no prelo.

SILVER, B. **A escalada da Ciência.** Tradução Arno Blass. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003.

SOLBER, J.; TRAVER, M. Resultado obtenidos introduciendo historia de la ciência em las classes de física y química de la imagen y desarrollo de actitudes positivas. **Ensenanza de las Ciencias**, v. 19, n. 1, p. 151-162, 2001.

STEFANO, W.; MARTINS, R. A. de. (Org.) **Filosofia e História da Biologia** 1ª ed. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa), v. 1, p. 297-310, 2007.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR, Olival. **A Influência de uma Abordagem Contextual na Formação de Licenciados em Física.** In: XIV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2001, Natal. Resumos do XIV SNEF, 2001.

TRIVELATO, S. F. **Ciência/Tecnologia/Sociedade – Mudanças Curriculares e Formação de Professores.** São Paulo, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1993 – Tese de Doutorado.

TUFANO, W. **Contextualização**. In: FAZENDA, I. C. A. (org) Dicionário em construção: interdisciplinaridade. São Paulo: Cortez, 2001.

VALENTE, S. M. P. **Competências e Habilidades**: Pilares do paradigma avaliativo emergente. Tese de Doutorado. Unesp/ Marília, 2002.

VEIGA, 1978 In: BORGE, R.M.R. e LIMA, V. M. R. Tendências Contemporâneas do Ensino de Biologia na Brasil. **Revista Electronica de Ensenanza de Iãs Ciências**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

WATSON, J. **DNA: O Segredo da Vida**. Ed: Companhia das Letras, 2003.

WHITE, M. **Rivalidades Produtivas**. Ed: Record, 2003.

ZAMBERLAM, E. S. J. **Contribuições da História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Evolução Biológica**. 2008. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) Universidade Estadual de Londrina, Londrina.