

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO
LINHA DE INVESTIGAÇÃO: EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO: CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE BIOLOGIA

*Dissertação apresentada como exigência
parcial para obtenção do título de MESTRE
EM EDUCAÇÃO na área de Educação e
Ciência, do curso de Mestrado em Educação
da Universidade Federal de Santa Catarina.*

IÔNE INÊS PINSSON SLONGO

ORIENTADOR: PROF. DR. DEMÉTRIO DELIZOICOV

Florianópolis - SC
Dezembro 1996.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO
LINHA DE INVESTIGAÇÃO: EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO: CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE BIOLOGIA

*Dissertação apresentada como exigência
parcial para obtenção do título de MESTRE
EM EDUCAÇÃO na área de Educação e
Ciência, do curso de Mestrado em Educação
da Universidade Federal de Santa Catarina.*



IÔNE INÊS PINSSON SLONGO

ORIENTADOR: PROF. DR. DEMÉTRIO DELIZOICOV



0.202.118-5

UFSC-BU

Florianópolis - SC
Dezembro 1996.



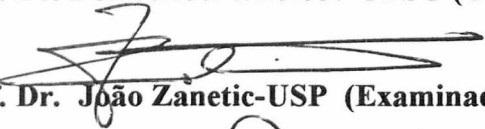
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO**

***“HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO: CONTRIBUIÇÕES PARA A
FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE BIOLOGIA”.***

Dissertação submetida ao Colegiado do
Curso de Mestrado em Educação do Centro
de Ciências da Educação em cumprimento
parcial para a obtenção do título de Mestre
em Educação.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 16/12/96


Prof. Dr. Demétrio Delizoicov-UFSC (Orientador)


Prof. Dr. João Zanetic-USP (Examinador)


Profa. Dra. Iara Müller-UFSC (Examinadora)


Prof. Dr. Arden Zylbersztajn-UFSC (Suplente)

IÔNE INÊS PINSSON SLONGO

Florianópolis, Santa Catarina, Dezembro de 1996.

“Quien no conoce más que una forma de pensar no cree que otra pudiera algún día haber estado en su lugar, o que vendrá otra a sustituirla; no sabe ni dudar ni confirmar”.

(Autor desconhecido)

*Para CLÓVIS e CÉSAR
AUGUSTO, com quem
aprendo a cada dia amar
a vida.*

*Para PASCHOAL e
CIZELDA, meus pais, pelo
valioso incentivo que
sempre souberam prestar
na realização das minhas
opções.*

AGRADECIMENTOS

Ao *prof. Dr. Demétrio Delizoicov*, orientador, pela oportunidade de partilhar dos seus ensinamentos e aprender com o profissionalismo e espírito democrático com que norteou este trabalho.

À *prof^a. Dra. Yara Müller*, pela maneira carinhosa com que dedicou-se à leitura do texto, fazendo sugestões valiosas.

Ao professor e também amigo *Oswaldo Casonato*, pelas discussões preliminares e sugestões de leituras que estimularam este estudo.

Aos *licenciandos do VII semestre do curso de Biologia da UnC*, Campus de Concórdia, turma 1995, que comigo dividiram angústias e também expectativas com relação a este estudo.

Ao professor *Elli Benincá*, por que ensina sempre.

Ao amigo *Lucídio*, sempre presente em minhas buscas.

Às amigas *Nadir, Vivian, Cláudia, Neiva* e ao amigo *Carlos*, pela convivência solidária nesta caminhada, fazendo sugestões, incentivando e enaltecendo cada conquista.

À professora *Leonilda*, pela presença amiga em todos os momentos.

À *Universidade do Contestado, Campus de Concórdia*, por oportunizar a realização deste estudo.

À *CAPES*, pelo auxílio financeiro que viabilizou este estudo.

À *Carmem, Waldo, Walquiria, Winícius, Antônio, Zélia, Marinês, Luiz, Ivanor, Gorete e Juan*, de quem e por quem tenho muito amor.

A TODOS, MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo refletir sobre a pertinência e a importância de utilizar uma abordagem histórico-epistemológica no processo de formação do professor de Biologia. Pautando-se numa concepção educacional progressista, que contempla a **dialogicidade** e a **problematização** do conhecimento, não dicotomizando processo e produto durante o ensino-aprendizagem dos temas científicos, o presente estudo, ao utilizar a dimensão histórico-epistemológica no ensino do tema **reprodução**, sistematiza uma maneira possível de promover esta articulação. Dados bibliográficos forneceram subsídios para refletir a importância desta iniciativa no contexto da formação inicial do professor de Biologia, como também, para desenvolver um estudo sobre o desenvolvimento histórico do tema **“reprodução”**, explicitando as rupturas ocorridas no processo de obtenção deste conhecimento, caracterizando, assim, a produção científica como um processo não-contínuo, não-linear e não-cumulativo. Tanto os aspectos educacionais, quanto histórico-epistemológicos analisados fundamentaram uma prática pedagógica que desenvolvi com licenciandos do curso de Biologia, da Universidade do Contestado - UnC, Campus de Concórdia - SC, no primeiro semestre de 1995, procurando evidenciar, inclusive em termos da prática docente em sala de aula, a possibilidade de, ao utilizar a abordagem histórica, promover um ensino dialógico e transformador.

ABSTRACT

The main goal of this work is to reflect on the pertinence and the importance of the historical-epistemological approach usage in the Biology teacher formation process. Based on a progressist educational conception, which regards to the *dialogically and the problematic* of knowledge, preventing the dichotomy between the process and the output during the teaching-learning process of the scientific topics, the present study, using the historical-epistemological dimension in the *reproduction* topic teaching, systematize a possible way of promoting this articulation. Bibliographic data give us resources to reflect on the importance of this initiative in the context of the Biology teacher initial formation, as well as, to develop studies on the historical development of the "*reproduction*" topic, clearing up the ruptures which happened in the knowledge acquisition process, thus it characterizes the scientific production as a non-continuous, non-linear and non-cumulative process. As the educational aspects, as the historical-epistemological aspects analysed, they based an educational practice which I developed with the Biology graduates at Contestado University - UnC, Concórdia Campus - SC, in the first semester of 1995, trying to make evident, also in classroom teaching practice terms, the possibility of promoting a dialogical and transforming teaching by using the historical approach.

SUMÁRIO

	Pág.
APRESENTAÇÃO	11
CAPÍTULO I - O EDUCATIVO DA DIMENSÃO HISTÓRICA	15
1.1 - Situando a Concepção de Educação	15
1.2 - Ensino de Ciências e Educação Progressista	19
1.2.1 - História da Ciência: Conteúdo Programático Escolar	21
1.2.2 - História da Ciência: Abordagem para o Conteúdo Escolar	26
CAPÍTULO II - NECESSIDADES E POSSIBILIDADES	32
2.1 - Preâmbulo Favorável	33
2.2 - Aquecendo o Debate	37
2.2.1 - Algumas Restrições	37
2.2.2 - Avanço das Proposições	40
2.3 - História da Ciência e Formação de Professores	44
CAPÍTULO III - REPRODUÇÃO: SUBSÍDIOS HISTÓRICOS PARA A AÇÃO DOCENTE .	52
3.1 - Premissas e Intenções	52
3.2 - Os Modelos Gregos	55
3.3 - Alguns Modelos Estruturados a Partir da Ciência Moderna	63
3.3.1 - As Observações de Harvey	63
3.3.2 - Em Busca do Óvulo	65
3.3.3 - A Visualização do Mundo Microscópico	68
3.3.4 - As Teorias Preformistas	70
3.3.5 - Retomada da Epigênese	77

3.3.6 - A Teoria Celular	80
3.3.7 - Desvendando a Fecundação.....	83
3.4 - Principais Aspectos Diretores	88
CAPÍTULO IV - A CONSTRUÇÃO E VIVÊNCIA DE UMA PRÁTICA DE ENSINO	89
4.1 - Enfrentando Desafios	89
4.2 - Um Ponto de Partida.....	92
4.3 - Articulando Aspectos Epistemológicos e Pedagógicos.....	100
4.4 - Reprodução: A Dimensão Histórica no seu Ensino	110
4.4.1 - O Perfil da Proposta.....	110
4.4.2 - A Operacionalização da Proposta.....	115
4.5 - Considerações Finais	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
ANEXOS	138

APRESENTAÇÃO

A insatisfação com o ensino de Ciências promovido nos distintos níveis do sistema educacional não é um sintoma que se manifesta recentemente, como também não é uma problemática exclusivamente brasileira ou de países terceiro-mundistas. As pesquisas apontam necessidades e possibilidades de transformar este ensino. Dos inúmeros fatores apontados, é importante situar que alguns são inerentes ao próprio sistema de ensino, enquanto outros extrapolam a dimensão da comunidade educacional.

Com relação aos primeiros, pesquisadores e teóricos da educação têm baseado as discussões e a busca de soluções em várias vertentes do processo educacional. Neste trabalho, volto minha atenção especialmente para a contribuição que a dimensão histórico-epistemológica poderá dar ao ensino de Ciências. Este trabalho pressupõe que um redimensionamento histórico-epistemológico, tanto dos conhecimentos abordados, quanto das práticas pedagógicas empreendidas, auxiliará a enfocar o processo educacional numa perspectiva de construção, propiciando uma compreensão das transformações envolvidas. Trata-se das transformações que ocorrem nos modelos e teorias científicas, particularmente na área da Biologia, da qual sou docente, mas também das transformações que precisam ocorrer no processo de ensino-aprendizagem, de modo a viabilizar a compreensão de que a produção do conhecimento se constitui num processo de construção.

Identifico como ponto de partida para um trabalho desta natureza o discernimento de que o ensino de Biologia comprometido com a educação científica dos cidadãos necessita suplantar práticas de ensino que, concebendo os alunos como sujeitos passivos no

processo de conhecimento, se limitam a transmitir conteúdos muitas vezes desconexos, inertes e insignificantes, concebidos como prontos e a-históricos. Afinal, educar para a cidadania não se resume em distribuir os conhecimentos acumulados pela Ciência, mas propiciar a aquisição de conhecimentos e atitudes que oportunizarão ao aluno uma leitura crítica do mundo e a sua inserção na sociedade da qual faz parte.

Neste sentido, postulo que uma ruptura com a maneira de compreender e lidar com o conhecimento biológico poderá contribuir significativamente para uma transformação do atual ensino de Biologia. No entanto, esta transformação na forma de conceber o conhecimento, e também de promover o ensino de Biologia, precisa estar articulada, conforme pretendo argumentar, a uma concepção educacional que explicitamente considere estas características, quer sob a ótica do processo de produção do conhecimento, quer do ensino. Ou seja, reordenar tanto conteúdos quanto práticas pedagógicas, articulando-as com uma abordagem histórico-epistemológica, significa apostar numa perspectiva educacional crítica e comprometida com transformações.

No **capítulo I**, procuro caracterizar uma base teórico-educacional que mostre a necessidade de transformações no ensino de Biologia e que, para isto solicita as contribuições da História da Ciência. A reflexão desenvolvida explicita uma perspectiva educacional que, ao pautar-se na **dialogicidade** e na **problematização** do conhecimento, não dicotomiza processo e produto durante o ensino-aprendizagem de temas científicos. Assim, resalto como premissa que, ao contemplar a historicidade dos modelos e teorias abordadas no ensino de Biologia, será possível preconizar tanto a problematização do conhecimento, quanto a dialogicidade entre os sujeitos do conhecimento, condições imprescindíveis para que a aprendizagem se desenvolva numa perspectiva de construção, promovendo rupturas, avançando em direção ao novo.

No **capítulo II**, realizo, panoramicamente, uma revisão bibliográfica identificando o movimento executado pelas discussões da comunidade científica, em torno da relação História e Filosofia da Ciência e ensino de Ciências. Distintas posições são ali apresentadas e discutidas, inclusive posições contrárias a esta iniciativa. Os argumentos que fundamentam este debate são apresentados e analisados. Neste levantamento bibliográfico tive a intenção de também resgatar indicativos que pudessem sinalizar para as possibilidades de uso da História da Ciência no ensino de Biologia. Contudo, esta perspectiva revelou-se uma lacuna nesta área de pesquisa. Assim, minhas indagações

giraram em torno do *como* a História e Filosofia da Ciência pode fazer parte do currículo de formação dos professores de Biologia.? Neste sentido, nas dimensões do presente estudo, parto do pressuposto fundamental de que a História da Ciência deve ser contemplada nos cursos de formação de professores, a fim de atuarmos na perspectiva de propiciar rupturas, tanto na concepção de Ciência, quanto na concepção de ensino de Ciências dos licenciandos, oferecendo subsídios para um novo entendimento.

No **capítulo III** resgato a historicidade do tema reprodução, apoiando-me fundamentalmente no pensamento de GIORDAN, BERNAL, BUFFON, JACOB e RADL. Este tema foi eleito por fazer parte do elenco de conteúdos da disciplina de Fisiologia Humana do curso de Biologia da Universidade do Contestado - UnC, Campus de Concórdia - SC, da qual sou docente. Neste sentido, no primeiro semestre de 1995, o tema **reprodução** foi desenvolvido na referida disciplina segundo a abordagem defendida nesta dissertação, e é objeto de discussão e análise do capítulo IV. A perspectiva histórica do tema reprodução, desenvolvida no capítulo III, está comprometida com a idéia fundamental de conhecimentos construídos. Assim, o texto explicita diversos modelos teóricos construídos historicamente, dando ênfase aos problemas que permearam esta construção, aos obstáculos enfrentados, às rupturas promovidas, exprimindo a opção histórica e epistemológica que estou defendendo neste estudo.

No **capítulo IV**, há o relato e análise de uma intervenção realizada em sala de aula, com professores de Biologia em formação inicial, tendo em vista os pressupostos educacionais e histórico-epistemológicos abordados. Nesta intervenção, o objetivo foi desenvolver uma prática educacional com características marcadamente progressistas, isto é, comprometida com rupturas e transformações. Assim, a História da Ciência foi chamada a dar sua contribuição. A forma de utilização da perspectiva histórica no ensino de Biologia teve que ser construída. Para isto, apostei num trabalho articulado que contemplou, de forma concomitante, conhecimentos específicos e aspectos da historicidade do seu processo de construção. Nesta dinâmica, a dimensão histórica constituiu-se num **conteúdo** e, ao mesmo tempo, na **metodologia** que balizou o desenvolvimento do curso. O detalhamento do planejamento construído, a forma operacionalizada para as diversas atividades, os subsídios utilizados e a reflexão extraída desta prática, é objeto deste capítulo.

Neste sentido, o que está em foco neste estudo é o planejamento e a vivência de uma prática de ensino calcada numa concepção de Ciência, de ensino de Ciências e de

Educação, comprometida com transformações. Esta prática de ensino foi situada no contexto da formação inicial de professores de Biologia e se consubstanciou, fundamentalmente, através das pesquisas bibliográficas que caracterizam os capítulos I, II e III, nos quais construo uma estrutura teórica capaz de nortear a prática almejada. A prática de ensino, efetivamente desenvolvida em sala de aula, comparece no capítulo IV, onde há o relato e a análise da parceria desenvolvida com um grupo de licenciandos do curso de Biologia da Universidade do Contestado, Campus de Concórdia - SC, no primeiro semestre de 1995, e que possibilitou dimensionar, desenvolver e refletir a prática educacional aqui relatada.

CAPÍTULO I

O EDUCATIVO DA DIMENSÃO HISTÓRICA

1.1 - SITUANDO A CONCEPÇÃO DE EDUCAÇÃO

Numa breve incursão pela literatura filosófico-educacional, é possível identificar distintas concepções delineadas historicamente acerca da função social da educação. Estas concepções estão pautadas em três vertentes político-filosóficas: a que designa a educação como uma prática **redentora**, como **reprodutora** e como **transformadora** da sociedade (LUCKESI, 1993). Se almejamos uma prática pedagógica conseqüente, não podemos prescindir do entendimento de tais perspectivas, pois o sentido dado ao fazer educacional dependerá deste discernimento político. LIBÂNEO (1985, p. 19) assim caracteriza esta interdependência:

“A prática escolar tem atrás de si condicionantes sociopolíticos que configuram diferentes concepções de homem e de sociedade e, conseqüentemente, diferentes pressupostos sobre o papel da escola, aprendizagem, relações professor-aluno, técnicas pedagógicas, etc. Fica claro que o modo como os professores realizam seu trabalho, selecionam e organizam o conteúdo das matérias, ou escolhem técnicas de ensino e avaliação tem a ver com pressupostos teórico-metodológicos, explícita ou implicitamente”.

Para situar a prática pedagógica que caracterizará este trabalho, farei um breve resgate do papel atribuído à prática educacional em cada uma das vertentes político-filosóficas citadas por LUCKESI (1993).

A tendência **redentora** caracteriza-se por um “modo ingênuo de compreender a relação entre educação e sociedade” (op. cit., p. 38), pois concebe a sociedade como um todo, naturalmente orgânico e harmônico, que deve ser assim mantido pela prática educacional. Ou seja, através da educação, entende ser possível integrar os indivíduos marginalizados e as novas gerações ao todo social.

Assim sendo, a escola, embora faça parte da organização social, é considerada como um apêndice à sociedade, com poderes quase absolutos sobre ela, respondendo pela nobre função de formar a personalidade dos indivíduos, desenvolvendo-lhes habilidades e transmitindo-lhes valores necessários à sua pacífica convivência social. Com isto, a educação não recebe influências do contexto social mais amplo, ao contrário, ela que é determinante, caracterizando uma relação unilateral.

Esta tendência tem alimentado certo otimismo quanto à prática pedagógica, pois através dela espera ser possível modelar as novas gerações, potencializando-as para viver numa sociedade ideal, além de atuar também como reparadora de possíveis distorções ou desvios, contribuindo para a equalização social. **Luckesi** enfatiza que esta concepção de educação caracterizada como uma corrente não-crítica, fundamentou tanto a pedagogia tradicional como a pedagogia nova ao final do século passado e início deste, não estando totalmente suplantada em nossos dias.

A outra vertente filosófica é a que concebe a educação como **reprodutora** da sociedade. Nesta, a educação é parte efetiva do todo social, porém, está suscetível somente para receber influências dos determinantes políticos e econômicos, colocando-se a seu serviço, contribuindo exclusivamente para a sua reprodução e manutenção. A perspectiva reprodutivista, segundo **Luckesi**, não propõe um forma de atuação ao sistema educacional, simplesmente se atém a ele, descrevendo sua conduta “inabalável”, enaltecendo a eficiência com que as práticas educacionais reproduzem e mantêm a estrutura social vigente.

Assim, a escola é um instrumento que desempenha dupla função: além de reproduzir e qualificar a força de trabalho, preparando minimamente o cidadão para adequar-se ao sistema produtivo [“**saber fazer**”], inculca-lhes valores e comportamentos comprometidos com a ideologia dominante [“**saber comportar-se**”]. Trata-se de tornar o indivíduo apto para atuar no sentido de manter determinado modelo de sociedade.

Inversamente à concepção anterior, aqui, a escola não é determinante da sociedade; ao contrário, a escola é determinada pelo modelo de sociedade instituído e a serviço dela se coloca, constituindo-se no elemento chave da reprodução, totalmente submetida ao projeto da classe dominante.

Para ALTHUSSER (apud LUCKESI, 1993), a ideologia dominante simplesmente solapa o espaço escolar, inviabilizando qualquer iniciativa para além da reprodução. Trata-se de uma visão um tanto pessimista do processo, que desencoraja toda e qualquer proposta de mudança.

A terceira tendência citada por **Luckesi**, e sobre a qual dedico especial atenção neste trabalho, uma vez que baliza minha compreensão de educação e fundamenta as premissas adotadas, é a que vê na educação possibilidades de contribuir para transformações. Através do seu caráter **mediador**, assim denominado porque filtra uma maneira de perceber e de viver as relações sociais, a prática educacional, articulada a outras práticas sociais, poderá servir de meio, mesmo que indireto, à concretização de transformações, inclusive sociais.

Sob esta ótica, a escola é parte integrante e ativa no contexto social, e isto significa que, agir dentro da escola, é também agir no âmbito social mais amplo, intervindo nas suas condições. Ou seja, se a perspectiva político-filosófica que ampara a prática educacional está comprometida e busca interferir nas contradições sociais, com o intuito de transformar a realidade, o fazer pedagógico, através de um conhecimento crítico, desmistificado e contextualizado, poderá contribuir significativamente no processo de desarticulação do pensamento alienante que permitiu que tais relações se instalassem e se reproduzissem, rearticulando a perspectiva crítica que possibilita refletir e questionar a ordem estabelecida. Desta forma, a prática educacional estará fomentando e subsidiando ações que vão numa perspectiva transformadora, engajando-se no processo de emancipação, de humanização.

Assim, a educação torna-se um meio de

“(...) expressão coerente e adequada de uma concepção de mundo que se oponha à mistificação, ela é, antes de tudo, lugar de luta pela hegemonia de classe, pois a efetividade de uma dominação absoluta elimina a contradição, condição básica da sociedade de classes” (CURY, 1992, p. 66)

Ler e interpretar as condições sociais não basta, é necessário agir no sentido de modificá-las. Assim argumenta CURY:

“(...) não basta uma filosofia de vida ou uma teoria diferente para transformar a realidade. É preciso que exista uma forma de pensar o real que seja um meio de expressão mais adequado da realidade concreta em que se vai atuar. A educação ajuda a elaborar essa forma de pensar que, convertida em mediadora, torna-se valioso instrumento de apoio na transformação social. Em outros termos: a apropriação de um saber revelador torna-se momento de denúncia de um saber dissimulador das contradições e anuncia a possibilidade de novas relações sociais.

Essa insistência nas relações sociais tem um sentido. É através delas que a educação se articula com o todo e é através delas que a educação coopera mediata mas ativamente para [re]produzir relações sociais, elaborando e difundindo a luta entre as concepções de mundo. Contudo, a concepção de mundo, que se vê como momento teórico de uma nova prática social, sai de seu estado meramente teórico para buscar sua realização como condição necessária, embora não suficiente, para guiar a ação transformadora” (op. cit., p. 66-67).

É oportuno explicitar que o caráter mediador atribuído à prática educacional encerra duas possibilidades frontalmente opostas: ela tanto poderá contribuir para “a afloração da consciência, como para impedi-la, tanto para difundir, como para desarticular” (op. cit., p. 66). Assim, sua direção poderá ser empreendida tanto numa perspectiva transformadora [de desmascaramento, desarticulação e rearticulação], como conservadora [de mascaramento, de manutenção] das relações sociais estabelecidas.

Este discernimento nos sugere um caminho fértil na consecução de práticas educacionais capazes de integrar-se na luta pela superação da dominação imposta: trata-se de trabalhar didático-pedagógicamente com os professores o caráter político implícito em sua prática pedagógica. Consciente deste aspecto fundamental a nortear o fazer educacional, poderá o professor ampliar a possibilidade de tornar sua prática transformadora; afinal, muitos são os professores que, por não possuírem este discernimento, concebem a realidade como obscura e impenetrável e com isso contribuem ingenuamente no processo de construção de uma escola improdutiva, fazendo proliferar a pobreza cultural necessária à manutenção da realidade social opressora.

Esta caracterização, mesmo sucinta, revela que a **perspectiva transformadora** da educação renuncia tanto ao “**otimismo ilusório**”, cultivado pela corrente redentora, quanto ao “**pessimismo imobilizador**” da concepção reprodutivista (LUCKESI, 1993). Seu

investimento é no espaço escolar como um lugar de questionamento, de crítica, de enfrentamento da ordem social estabelecida, para suplantar, especialmente através da reflexão crítica e da conscientização, seus principais instrumentos de trabalho, os atributos que dão sustentação ao modelo de sociedade excludente, pois, como nos fala FREIRE (1988), a conscientização torna insuportável a acomodação. Neste sentido, é papel da escola nesta concepção de educação, articular uma nova concepção de mundo e de sociedade, desenvolvendo uma percepção crítica da realidade, instrumentalizando o cidadão com um conhecimento crítico, dinâmico e atualizado, capaz de “fermentar” uma práxis transformadora, rumo a uma nova ordem social.

1.2 - ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO PROGRESSISTA

Esta vertente político-filosófica tem alicerçado as denominadas **práticas pedagógicas progressistas** (LIBÂNEO, 1985), que contemporaneamente podem ser citadas não apenas como “*insights*” intelectuais, acadêmicos, mas como práticas efetivas de inúmeros profissionais da educação que se comprometem e empreendem suas ações numa perspectiva emancipatória e transformadora. Particularmente em relação ao ensino de Ciências, há uma trajetória que evidencia uma grande sintonia, quer de práticas, quer de reflexões acadêmicas dessas práticas, com uma concepção progressista de educação que almeja transformações. Mais especificamente, a partir de algumas das premissas freirianas (FREIRE, 1987), trabalhar com as de DELIZOICOV (1982 e 1991), ZANETIC (1989) e ANGOTTI (1991) tem contribuído na articulação entre as premissas educacionais progressistas e o ensino de Ciências em distintas formas de atuação nos vários níveis de ensino. Nestes trabalhos a **dialogicidade** e a **problematização** são categorias fundamentais que auxiliam a análise da relação entre os sujeitos da ação educativa: professor e aluno.

Na perspectiva desta concepção de educação, aprender é atributo de sujeitos e não de objetos. Portanto, só aprende quem participa, age, interage, pois:

“Conhecer na dimensão humana, que aqui nos interessa, qualquer que seja o nível em que se dê, não é o ato através do qual um sujeito, transformado em objeto, recebe, dócil e passivamente, os conteúdos que outro lhe dá ou impõe.”

O conhecimento, pelo contrário, exige uma presença curiosa do sujeito em face do mundo. Requer sua ação transformadora sobre a realidade. Demanda uma busca constante. Implica em invenção e em reinvenção. Reclama a reflexão crítica de cada um sobre o ato mesmo de conhecer...

Conhecer é tarefa de sujeitos e não de objetos. E é como sujeito e somente enquanto sujeito, que o homem pode realmente conhecer.

Por isso mesmo é que, no processo de aprendizagem, só aprende verdadeiramente aquele que se apropria do aprendido, transformando-o em apreendido, com o que pode, por isso mesmo, reinventá-lo; aquele que é capaz de aplicar o aprendido-apreendido a situações existenciais concretas.

Pelo contrário, aquele que é “enchido” por outro de conteúdos cuja inteligência não percebe; de conteúdos que contradizem a forma própria de estar em seu mundo, sem que seja desafiado, não aprende” (FREIRE, 1988, p. 27-28).

Deste modo, o sujeito aprende quando é ativo e é ativo quando interage com seu mundo, toma consciência da realidade e atua sobre ela com o intuito de transformá-la. Neste sentido, a aprendizagem será tanto mais significativa quanto mais ativo for o educando nas situações pedagógicas propostas. Contudo não é de qualquer ação que se refere esta afirmação; não se trata de cumprir com este princípio através do simples ativismo infundado. Trata-se da ação própria que parte do existente, do real e avança no sentido de tomar consciência, de refletir, de renunciar, de anunciar. Nas palavras de FREIRE (1987, p. 67), trata-se da “práxis, que implica a ação e a reflexão dos homens sobre o mundo para transformá-lo”.

Calcada neste pressuposto fundamental, a relação entre os sujeitos do processo ensino-aprendizagem assume novos contornos. O educando, ao invés de recipiente passivo e acrítico, e o professor, ao invés de prescritor de verdades, transformam-se em investigadores críticos, que guiados pelo diálogo, pela problematização e pela reflexão, apreendem a realidade não como algo estático, cuja ordem é naturalmente estabelecida, mas como algo construído pela ação humana, e portanto, em permanente processo de construção e reconstrução.

Assim, mais do que receber alienada e passivamente alguns poucos conceitos pontuais e acríticos, a aprendizagem demanda o debate, a troca de idéias, a investigação, a proposição e constatação de hipóteses, a articulação do novo a partir da problematização do já existente, enfim, a permanente construção de idéias.

1.2.1 - HISTÓRIA DA CIÊNCIA: CONTEÚDO PROGRAMÁTICO ESCOLAR

Neste contexto, é muito pertinente a crítica que se faz ao conhecimento científico veiculado na escola a título de conteúdos de ensino. De um modo geral, caracterizam-se por simplificações grosseiras dos “paradigmas”, chegando mesmo a apresentar um caráter reducionista, pois os assuntos são apresentados de forma fragmentada, factual e tratados com superficialidade, na grande maioria das vezes, isentos de qualquer vínculo de aplicação com o contexto vivencial do aluno ou com os avanços mais recentes registrados pela área em estudo.

Especificamente nas dimensões do ensino de Biologia, o que pode ser constatado é um atrelamento à prescrição de conceitos, à mera descrição de animais e plantas ou de estruturas e fenômenos biológicos, os quais o aluno memoriza com o fim exclusivo de devolvê-los integralmente nas periódicas avaliações. Não é oportunizado ao aluno perceber o significado deste conhecimento, as razões que levaram à sua construção, como foram construídos e organizados, de que forma estão presentes no contexto do aluno e como interferem no seu dia a dia. Ou seja, os conteúdos de ensino se resumem a fragmentos da realidade, desprovidos de história, desconexos do contexto em que foram gerados, praticamente sem ressonância na vida do aluno.

Com estas características, o ensino de Biologia, que por natureza se caracteriza como uma área “viva”, dinâmica, instigante, desafiadora, e que com facilidade encanta e atrai a atenção dos estudantes, torna-se um processo mecânico, desinteressante e desagradável, pois a única habilidade demandada é a memorização. Após este sofrível ritual, a sensação vivida é de que o conhecimento continua ancorado na escola, seja no professor ou no livro texto, alheio porém ao aluno e ao seu contexto.

Contudo, este não é um diagnóstico que se restringe à área de Biologia. A própria organização da instituição escola, bem como a característica enciclopédica dos currículos em vigor têm contribuído sobremaneira para que as diversas áreas de ensino apresentem tais desdobramentos. Incluídos neste rol encontram-se também os cursos de Formação de Professores. Estes dados são reveladores, não no sentido de enquadrar mais uma área do conhecimento pautada em um ensino pouco eficaz, mas para alertar de que as transformações são urgentes.

Desvelando esta realidade e concebendo-a como um desafio, SNYDERS (1988), que também tem fundamentado os trabalhos de ANGOTTI (1991), DELIZOICOV (1991) e ZANETIC (1989), relativos ao ensino e à pesquisa em ensino de Ciências, propõe a renovação da escola a partir **da transformação dos conteúdos culturais**, a fim de que o aluno possa resgatar a alegria de aprender. O autor atribui importância a esta dimensão para o ensino, pois entende que promover a alegria do aluno no ato de aprender significa “dar importância à sua juventude, reconhecendo-lhe o direito de viver o presente, valorizar o estado atual do seu processo de desenvolvimento pessoal” (SNYDERS, 1988, p. 141), renunciando ao pacto medíocre de um ensino insatisfatório, porém, preche de promessas de futuro. Trata-se de valorizar o momento presente vivido pelo aluno, sem contudo solapar-lhe o direito de percorrer a trajetória escolar com prazer e alegria.

Mas afinal, qual o significado de resgatar a alegria no fazer escolar? GIOLO (1994), fundamentando-se em **Snyders**, responde com muita propriedade a essa questão, mergulhando no pensamento do autor:

“(...) a alegria é sentimento que marca a passagem de uma perfeição menor para uma perfeição maior; na alegria, é a pessoa em sua totalidade que cresce, que se lança à frente, de maneira que Snyders pôde defini-la como a ‘armação da vida’.

(...) a satisfação é marcada por um impulso progressista, não só por que caminha em direção à verdade e à confiança, mas também porque exige ação transformadora (p. 141-142).

Assim, **Snyders** é incisivo em anunciar a necessidade de promover mudanças na escola, iniciando-as pela transformação dos conteúdos ou da cultura escolar. O autor entende ser esta uma iniciativa eficaz e argumenta que a cultura é o que temos de fundamental na instituição escolar, e o fazer pedagógico está voltado diretamente para ela. Afirma que transformar a escola significa transformar os conteúdos escolares, por que implícito neles estão os atributos do homem que se quer formar. Ou seja, na transformação dos conteúdos se localiza também a transformação das intenções políticas do ensino. Assim escreve o autor:

“O que baseia uma pedagogia, o que constitui critério entre as pedagogias são os conteúdos que estas apresentam, ou mais exatamente, as atitudes a que se propõem levar os alunos: que tipo de homem esperam formar? (...)”

... para se perceber a significação de uma pedagogia, é necessário remontar até seu elemento dominante, o saber ensinado. Que se diz e que se oculta aos alunos? Como lhes apresentam o mundo em que vivemos? Para que ações os conduzem as palavras, os silêncios, as atitudes implícitas e explícitas do mestre? Que ajuda se lhes dá para ultrapassarem as mistificações interessadas nas quais tantas forças contribuem para os manter?(...)

Quem quiser renovar a pedagogia terá de se lançar, antes de qualquer outra coisa, à renovação dos conteúdos, a despeito de todos os problemas culturais e sociais que, então, hão de produzir-se” (SNYDERS apud LIBÁNEO, 1985, p. 13-15).

Esta perspectiva da renovação dos conteúdos escolares, enquanto alternativa à conquista de um ensino de Ciências autêntico, comprometido com ações transformadoras, também é refletida e anunciada por DELIZOICOV (1991). Sua tese é de que os conteúdos de Ciências contemplados nos programas escolares devem ser “... os paradigmas do conhecimento científico previamente selecionados e articulados com as situações significativas ...” (p. 131 - grifo meu).

Este autor se refere a programas de ensino que articulam conhecimentos universais sim, contudo, afirma não ser este o único critério para que determinado conhecimento seja contemplado nos programas de ensino. Articula a esta condição primeira, o fato do conhecimento eleito de alguma forma contribuir para a compreensão e a resolução dos problemas emergentes no dia a dia do aluno. **Delizoicov** defende que os conteúdos escolares sejam selecionados e dimensionados a partir de temas que estão relacionados às contradições sociais. Propõe, fundamentando-se tanto em FREIRE (1987) como em SNYDERS (1988), uma **abordagem temática** para os conhecimentos a serem desenvolvidos como conteúdos programáticos escolares. Seu argumento é que:

“Não é porque o conhecimento universal é dado ou porque seja um patrimônio universal que ele deve ser desenvolvido na educação escolar, mas é porque o seu processo de construção, sua historicidade e sua instrumentalidade tornarão possível a compreensão dos problemas sócio-historicamente determinados em que os alunos estão inseridos” (DELIZOICOV, 1991, p. 133).

E conclui:

“Então são conhecimentos universais que histórica e dialeticamente precisam ser selecionados, estabelecidos, a partir do já existente, inclusive na produção contemporânea não apresentada em manuais didático-pedagógicos, tornando-se,

assim, conteúdos escolares com aquela finalidade: fornecer instrumentos de compreensão e transformação da sociedade, propiciar rupturas e, claro, proporcionar prazer e alegria” (op. cit., p. 134).

Neste ponto quero argumentar sobre a perspectiva postulada nesta dissertação, e que segundo minha compreensão, constitui-se em uma das facetas da transformação dos conteúdos culturais proposta por **Snyders, Delizoicov e Zanetic**, condição imprescindível na implementação de práticas pedagógicas progressistas. Trata-se de incorporar, conforme depreende-se das citações, aspectos histórico-epistemológicos no ensino das disciplinas científicas, particularmente no ensino de Biologia. Entendo que a necessidade de transformação do atual ensino de Biologia demanda iniciativas que transcendem em muito à proposição que, de modo geral, se reduzem a alternativas metodológicas inovadoras ou da utilização de recursos didáticos sofisticados. A proposta que procuro delinear, não renuncia a estes atributos pedagógicos, apenas deseja deparar-se com os mesmos, enquanto desdobramentos de uma nova concepção de conhecimento a ser construída na escola. Como defendo explorar a historicidade dos modelos e teorias científicas, articulada à abordagem da conceituação envolvida nestes modelos e teorias, sinalizo para uma perspectiva didático-pedagógica que aponta para uma renovação dos conteúdos escolares, na medida em que introduz uma variável até o momento não presente, sistematicamente, nos programas de ensino, qual seja, a História e a Filosofia da Ciência.

Neste sentido, a perspectiva sinalizada é solidária com a proposição de **Delizoicov**, quando argumenta que “não é apenas a forma de abordagem do 'conteúdo', mas o próprio 'conteúdo' escolar que deve estar em questão na construção de uma educação progressista” (op. cit., p. 116).

E prossegue: “o pesquisador em ensino de ciências precisa, antes de mais nada, caracterizar, partir de um modelo do que seja a Ciência, para, então, propor-se a investigar o seu ensino” (op. cit., p. 131). Nos capítulos III e IV retomarei este ponto, aprofundando mais detalhadamente a posição epistemológica adotada.

Aqui quero ressaltar que também para o licenciando, a História da Ciência, ao ser incorporada ao ensino de biologia, deverá contribuir para uma caracterização desta Ciência, através de exemplos “vivos”,

"(...) como uma atividade cultural humana, como uma construção social e histórica, marcada pela provisoriedade das descobertas, pelas intuições e criatividade humanas, pelos conflitos de idéias e de interpretações, sem verdades absolutas, mas, sim, relativas, impulsionadas, como diz Bachelard, pela dialética de que a verdade de hoje é o erro de amanhã" (SANTOS apud SCHNETZLER, 1994, p. 57).

Oportuniza, ainda, localizar a Ciência no tempo e no espaço, desvendando os vínculos que o desenvolvimento desta teve com aspectos sociais mais amplos, as mútuas influências exercidas, incentivando ou reprimindo avanços. Enfim, caracteriza o conhecimento científico como "um produto da vida social, que como tal, leva a marca da cultura da época, da qual é parte integrante, influenciando e sendo influenciado" (ZANETIC, 1989, p. 23).

Assim, a expectativa que tenho, ao contemplar a reflexão histórica no ensino de Biologia é de que, através dela, será possível dar vida, dinâmica, integridade, criticidade e inquietação aos conteúdos escolares, desenvolvendo também habilidades e atitudes que caracterizam o aluno como um sujeito em ação, construtor do seu processo histórico.

A articulação da abordagem histórica ao ensino parece estar também contemplada na tese de Snyders, quando propõe a transformação dos conteúdos ou da cultura escolar, na construção de uma pedagogia progressista. Ele escreve:

Naturalmente, o conteúdo não será caricaturado sob a forma de alguns enunciados, alguns resultados, por muito exatos que sejam, que terão que ser engolidos como pastilhas. (...) É ambição de nossa pedagogia que os alunos tenham acesso a conteúdos verdadeiros e que, ao mesmo tempo, os interessem e sejam sentidos como um auxílio no seu próprio esforço para viverem e para conhecerem". (SNYDERS apud LIBÂNEO, 1987, p. 13-14).

Assim, introduzir e utilizar criticamente a História da Biologia no ensino desta área poderá trazer significativas contribuições, como por exemplo, auxiliar na superação do ensino dogmático, que segundo Langevin, causa verdadeiras deformações, pois além de caracterizar o ensino como algo estático e desinteressante, transmite a idéia, absolutamente falsa, de que a Ciência é uma coisa morta e definitiva. O autor assim caracteriza a importância da perspectiva histórica no ensino científico:

“(...) para contribuir à cultura geral e tirar do ensino de ciências tudo o que ele oferece para a formação do espírito, nada substituiria a história dos esforços passados, tornada viva através do contato com a vida dos grandes sábios e da lenta evolução das idéias.

Somente por este caminho pode-se preparar aqueles que continuarão a obra da Ciência e lhes oferecer o sentido de seu perpétuo movimento e de seu valor humano. Se esta necessidade é evidente para os que farão a Ciência, ela não será menor para os educadores, os iniciadores e maior ainda para o grande número daqueles que deverão se contentar com a cultura adquirida nos anos escolares” (LANGEVIN, 1993, p. 9).

Outro aspecto relevante a considerar nesta iniciativa é de que o ensino pautado na perspectiva histórica oferece condições para responder, bem como para gerar novas questões, possibilitando o diálogo problematizador, a discussão, a análise crítica, a proposição de hipóteses, enfim, reúne atributos capazes de tornar os conteúdos escolares e a prática educacional como tal, portadora de “características marcadamente intervencionistas nas relações sociais vivenciadas pelos alunos e sua comunidade” (SIMÕES, 1994, p. 37).

1.2.2 - HISTÓRIA DA CIÊNCIA: ABORDAGEM PARA O CONTEÚDO ESCOLAR

Neste contexto ganha significado especial a problematização do conhecimento no processo de aprendizagem. Trata-se de problematizar os temas estudados, identificar as conexões destes com o contexto mais amplo. A prática da problematização, condição imprescindível para a construção do conhecimento, oportuniza desenvolver nos educandos a habilidade de pensar e agir criticamente. Nesse sentido FREIRE afirma:

“(...) nenhum pensador, como nenhum cientista elaborou seu pensamento ou sistematizou seu saber científico sem ter sido problematizado, desafiado. Embora isso não signifique que todo homem desafiado se torne filósofo ou cientista, significa, sim, que o desafio é fundamental à constituição do saber.

(...) O que defendemos é precisamente isto: se o conhecimento científico e a elaboração de um pensamento rigoroso não podem prescindir de sua matriz problematizadora, a apreensão deste conhecimento científico e do rigor deste pensamento filosófico não pode prescindir igualmente da problematização que deve ser feita em torno do próprio saber que o educando deve incorporar” (1977, p. 54).

Isto nos leva a reconceber a aprendizagem a partir do tratamento de situações problemas que geram o interesse dos alunos. Afinal, se todo o conhecimento é resposta a uma questão e se toda a pesquisa está ligada a problemas que desequilibram e geram interesse, no ensino, a conduta poderá ser também a da **problematização**: enfrentar situações problemas e problematizar conhecimentos já dados.

Neste sentido, a História da Ciência torna-se um recurso nobre ao ser articulada ao ensino; pois oportuniza colocar o aluno permanentemente diante de situações problemáticas, levando-o a propor hipóteses, discutir suas próprias idéias, refletir criticamente, enfim, põe o aluno em ação, em permanente auto-reflexão, condição imprescindível de aprendiz. Esta conduta colabora para evitar que o aluno automatize comportamentos ou formas de pensamento.

Contudo, esta transformação dos conteúdos, balizada pela incorporação de aspectos histórico-epistemológicos e que preconiza a problematização do conhecimento, demanda um modelo didático-pedagógico coerente com os princípios da construção dos conhecimentos. Nesta perspectiva Freire sinaliza que o diálogo é a melhor ferramenta de trabalho:

“O que se pretende com o diálogo, em qualquer hipótese, é a problematização do próprio conhecimento em sua indiscutível relação com a realidade concreta na qual se gera e sobre a qual incide para melhor compreendê-la, explicá-la, transformá-la...” (FREIRE, 1975, p. 51).

Ou seja, uma proposta didático-pedagógica capaz de conduzir à aprendizagem como construção de conhecimentos, não irá pautar-se na transmissão de informações pontuais e inquestionáveis, mas consubstanciar-se a partir de desafios significativos aos alunos, da proposição de questões, de respostas a estas questões e da proposição de novos problemas.

Uma perspectiva que contempla com muita propriedade estes princípios e que norteou o trabalho que ora procuro caracterizar, foi a dos “**momentos pedagógicos**”, idealizada por DELIZOICOV e ANGOTTI (1992). Essencialmente dialógica, esta proposição metodológica parte da problematização do conhecimento do aluno para promover rupturas e avançar em direção ao conhecimento científico. DELIZOICOV (1991)

fundamenta pelos prismas epistemológico e educacional estes momentos pedagógicos. No capítulo IV, é abordado o uso que fiz deles durante a minha ação docente.

A valorização da perspectiva histórica como um elemento capaz de contribuir para a promoção de um ensino crítico, criativo e transformador está pautada numa concepção epistemológica pós-empirismo-lógico. Resultados de pesquisas (GIL, 1983 e 1986; BORGES, 1991; OLIVEIRA, 1993; BECKER, 1993; PRAIA e CACHAPUZ, 1994 e SCHNETZLER, 1994) apontam que ainda predomina, tanto no entendimento dos professores como no entendimento veiculado pelos materiais didáticos e programas escolares, uma concepção de ciência calcada na vertente epistemológica **empirista**. Deste entendimento sobre a produção do conhecimento, resultam inadequadas modalidades de ensino, quando a perspectiva educacional é a que estou defendendo, pois como afirma SANTOS (1991, p. 38):

“... as concepções do professor sobre o que é a ciência influenciam não só o que ele ensina mas também como ensina, não só o desenvolvimento de estratégias de ensino mas também a imagem que o aluno adquire (readquire) da ciência e dos cientistas”.

Ou seja, conteúdos, metodologias e modalidades de avaliação são desdobramentos de determinada compreensão que tem o professor ou que está implícita nos materiais didáticos, sobre como o conhecimento se constitui e como o aluno pode dele se apropriar.

A concepção epistemológica empirista, apontada pelas pesquisas em ensino de Ciências como paradigmática, demonstra seus limites ao conceber o conhecimento como algo que está fora do sujeito aprendiz, externo ao sujeito pensante, está no objeto, pronto, congelado, absoluto e imutável concretizando-se no sujeito do conhecimento através da contemplação, exclusivamente por força dos órgãos dos sentidos, através da observação objetiva e neutra. Criatividade, imaginação, intuição não desempenham qualquer papel na obtenção deste conhecimento.

Com isto, a concepção empirista defende que o conhecimento é tão somente descoberto, capturado a partir de dados empíricos, constituindo-se em verdades prontas, definitivas e inquestionáveis. A dimensão do construído e elaborado é minimizada, quando não negada.

Iluminadas por este enfoque epistemológico, as práticas pedagógicas têm considerado o sujeito do conhecimento um ser passivo, que simplesmente captura o conhecimento através da observação criteriosa e da recepção daquilo que lhe é transferido.

Assim fundamentado epistemologicamente, o ensino de Biologia, salvo ocasionais exceções, tem se resumido a um “catálogo de verdades” desconexas e sem significado, que são “depositadas no receptáculo do aluno”. Esta prática, de modo geral, tem contribuído para transformar a curiosidade e o interesse do aluno pelo mundo natural, em aversão.

Para BECKER (1993), a característica mais nefasta desta modalidade de ensino, que encontra no empirismo sua fundamentação e sua legitimação, é o autoritarismo e a arrogância didática, cujo subproduto é a morte da criatividade e do espírito de luta e ação do aluno, acrescentando-se a isso, a não aprendizagem, pois, como diz FREIRE (1987), nesta perspectiva os educandos não são chamados a conhecer. Estes dados nos auxiliam na compreensão de que o ensino, não apenas no escopo das ciências, mas de todas as áreas do conhecimento, se estiver pautado na vertente epistemológica empirista, dificilmente irá subsidiar uma pedagogia progressista.

A concepção epistemológica que poderá fundamentar e legitimar práticas pedagógicas progressistas se constitui de entendimentos frontalmente opostos àqueles sustentados pela prática empirista. A vertente epistemológica que concebe o conhecimento a partir da interação sujeito-objeto denuncia os limites da concepção empirista e anuncia novos contornos para a compreensão da atividade científica, com reflexos na educação científica, uma vez que concepção epistemológica e práticas pedagógicas são elementos por natureza indissociáveis. Um princípio fundamental a balizar toda esta concepção é o de que “para observar, a percepção não basta, é indispensável um enquadramento teórico que oriente a observação” (SANTOS, 1991, p. 40). Ou seja, existem estruturas teóricas que orientam a observação científica, desfazendo o mito da sua objetividade e neutralidade. Esta perspectiva tem feito com que tanto a observação quanto a experimentação tenham o seu papel no processo de obtenção do conhecimento científico, mas não o atribuído pela perspectiva empirista.

Neste sentido, o sujeito do conhecimento não se resume a um ser passivo que tão somente registra ou capta as sensações geradas no contexto externo, ele é um elemento ativo no processo de conhecimento. A ação educativa, então, precisa ter como premissa que

o aluno participa como elemento ativo, portador e construtor de conhecimentos, e o professor tem a importante função de “mediador entre o conhecimento do aluno e o conhecimento científico” (PRAIA e CACHAPUZ, 1994). Este é um dos aspectos fundamentais a conduzir a ruptura com o paradigma epistemológico empirista, que é relativamente dominante no ensino de Ciências, de acordo com os resultados das investigações. Conforme abordarei no capítulo IV, os mencionados momentos pedagógicos (DELIZOICOV, 1991) possibilitam uma atuação docente em sintonia com esta premissa.

Assim, partindo do pressuposto de que os aspectos epistemológicos e pedagógicos são indissociáveis, uma perspectiva educacional pautada nos pressupostos que venho dissertando não poderá mais conceber a aprendizagem como uma forma de obter e armazenar informações, mas sim, como uma maneira de entender a realidade em seu modo de ser e de funcionar, identificando os múltiplos aspectos que assim a determinam e a explicam. Nesta dimensão, o conhecimento não pode mais ser tido como uma verdade absoluta, mas como uma maneira de interpretar a realidade. E este processo caracteriza-se por uma permanente dinâmica, “uma sucessão constante, de tal forma que todo novo saber, ao instalar-se, aponta para o que virá substituí-lo” (FREIRE, 1972, p. 47).

Pautada nesta perspectiva epistemológica, KRASILCHIK (1994) dá indicativos de uma prática pedagógica desejável para o ensino de Biologia. Afirma que a educação em Biologia deve estar comprometida com a alfabetização científica dos cidadãos, tornando-os aptos a ler o mundo, relacionar-se nele, lutar por uma melhor qualidade de vida e neste contexto, construir e viver a cidadania. Contudo, reconhece que para atingir objetivos dessa monta precisamos ir muito além da simples descrição de animais e plantas ou de estruturas e fenômenos. Ressalta que precisamos formar jovens com o hábito de observar, formular questões, especular, propor e verificar hipóteses, comunicar resultados, buscar informações, discutir amplamente os problemas, enfim, participar ativamente do processo, sem contudo, nos esquecer das idéias que estes jovens já detêm ao chegar na escola.

A historicização do conhecimento no ensino de Biologia também tem muito a contribuir para que estes objetivos possam ser atingidos, uma vez que contempla não apenas os resultados dos entendimentos já produzidos pela humanidade, mas também os caminhos percorridos, os procedimentos adotados para produzir tais versões. Enfim, não se trata de exclusivamente reter informações, mas de apropriar-se de um conhecimento nos seus múltiplos aspectos: informação, metodologia, aplicabilidade, implicações sociais, etc.

Desta forma, o que se pretende com a utilização da História da Ciência no ensino, não é que o aluno reconstitua todos os passos percorridos até hoje na elaboração do conhecimento. O que estou propondo é a utilização da História da Ciência na problematização do conhecimento, na identificação dos mecanismos que conduziram à sua produção, na sua relação com o contexto no qual o aluno acha-se inserido, buscando melhor compreendê-lo, instrumentalizando o aluno para atuar na perspectiva das transformações.

A expectativa de atingir esta performance no ensino de Biologia, passa, imprescindivelmente, embora não somente, por uma adequada formação dos professores, pois os papéis ou competências do professor nesta perspectiva de ensino, são qualitativamente distintos daqueles encontrados no modelo de aprendizagem por transmissão-recepção. E isto requer muito mais do que o tratamento de questões pontuais das teorias científicas, requer também que o futuro professor conheça os caminhos da elaboração desta ciência, contemplando os principais fatos, procedimentos e iniciativas, quer prósperas ou não, que envolveram sua construção. Esta dimensão poderá ser obtida através da inclusão da História da Ciência também nos programas de formação inicial e continuada dos professores pois,

“Difícilmente, um professor ou professora poderá orientar a aprendizagem de seus alunos como uma construção de conhecimentos científicos, isto é, como uma pesquisa, se ele próprio não possui a vivência de uma tarefa investigativa” (CARVALHO, 1993, p. 62).

Neste contexto, o grande desafio que nos é colocado é o da formação dos professores. Parto do pressuposto que uma adequada formação contribuirá muito para um desempenho profissional conseqüente, tendo em vista os princípios de uma educação progressista.

A proposta de articulação da abordagem histórica ao ensino passou por um estimulante e acalorado debate nas últimas décadas, aprofundando argumentos que poderão nortear a sua aplicabilidade. No próximo capítulo, resgatarei desta reflexão subsídios que possam fundamentar um trabalho desta natureza.

CAPÍTULO II

NECESSIDADES E POSSIBILIDADES

No capítulo anterior foram explicitados alguns pressupostos que caracterizam uma abordagem educacional progressista. A partir desta concepção de educação, localizo o ensino de Biologia como um aliado que poderá trazer contribuições significativas ao processo de formação de cidadãos críticos e conscientes, aptos a ler e interpretar o mundo, o seu contexto e, assim, atuar numa perspectiva de transformação.

Tomando como base aquelas premissas educacionais, argumentei sobre o papel educativo da história da ciência. Neste capítulo abordo aspectos relativos à temática, porém, enfocados sob outro prisma. Pretendo discutir especificidades da relação História e Filosofia da Ciência e ensino de Ciências, resgatando o debate que a comunidade de cientistas, pesquisadores em ensino de Ciências e História da Ciência vem fazendo.

Ainda que sem pretender esgotar o assunto, uma vez que o levantamento foi panorâmico, a revisão bibliográfica realizada apontou que, especialmente na última década, cada vez mais tem sido valorizada a presença de conhecimentos histórico-epistemológicos no ensino, inclusive na formação dos professores. Apesar desta tendência, algumas posições contrárias a esta iniciativas podem ser localizadas.

2.1 - PREÂMBULO FAVORÁVEL

As discussões em torno das contribuições que a História da Ciência poderá trazer ao ensino de Ciências não são recentes. A literatura aponta que, já no século XIX, foi significativo o interesse pelo tema e inúmeros argumentos foram utilizados tanto para defender quanto para combater este ponto de vista.

Mas, afinal, quais as razões apontadas para incluir ou para excluir a História da Ciência do ensino? Como esta perspectiva tem sido operacionalizada no ensino de Biologia?

Resgatando historicamente estas manifestações, LARANJEIRAS (1994) e SIMÕES (1994) apontam a relevante posição do físico e filósofo **Ernst Mach**, que no final do século passado e início deste, ao ocupar-se com questões educacionais, dedicou-se ao ensino de Ciências, defendendo uma abordagem histórico-filosófica.

Segundo esses autores, Mach propôs através de seus escritos, fundamentalmente na área de Física, sugestões de temas que foram dimensionados a partir de uma perspectiva histórica. Com este pressuposto, entendia o autor que seria possível: estruturar os conteúdos de modo a torná-los mais compreensíveis e interessantes aos alunos; desenvolver os currículos de forma a contemplar questões relevantes, explorando exaustivamente os tópicos principais do conteúdo, bem como os aspectos do processo que o gerou, levando os alunos a adquirir uma profundidade dificilmente obtida no âmbito do ensino tradicional; e ainda, explicitar o caráter mutável e evolutivo do conhecimento científico, destruindo o dogmatismo da Ciência.

Assim fundamentado, Mach postulou em favor de um ensino de Ciências que ao agregar a abordagem histórica, estrutura o conteúdo de forma a contemplar os aspectos essenciais do conhecimento, bem como do processo que o gerou, evitando a tão temida sobrecarga dos programas.

Com esta argumentação, Mach não propôs a substituição da Ciência pela História da Ciência, mas sim, fazer da História um instrumento para melhor compreender e ensinar a Ciências, ou seja, “ensinar ciências ensinando sobre a ciência” (SIMÕES, 1994, p. 186).

É importante destacar que dos argumentos granjeados por Mach na defesa de um ensino de Ciências mais consistente e conseqüente, para o qual se valeu das contribuições advindas da História da Ciência, muitos estão presentes nas discussões atuais, como veremos mais adiante, na segunda parte deste capítulo.

Outra importante manifestação em favor do uso da História da Ciência no ensino de Ciências e que data do início deste século, foi a de **Pierre Duhem**. Ao voltar sua atenção para os problemas enfrentados pelo ensino de Ciências, Duhem buscou na história da Ciência uma alternativa de superação. Seu argumento era que “o método mais legítimo, seguro e que mais frutos dá na preparação de um estudante para receber hipóteses Físicas é o método histórico”. E prossegue: “esta é a melhor forma, certamente até a única, de dar àqueles que estudam física, uma visão clara e correta da muito complexa organização dessa ciência” (DUHEM apud LARANJEIRAS, 1994, p. 61).

Também **Pasteur**, químico e microbiologista do século passado, voltou sua atenção à História da Ciência, citando-a como uma alternativa próspera ao ensino de Ciências. Seu argumento é de que só é possível compreender a fundo uma teoria científica, se conhecermos a história que lhe deu origem. Assim, Pasteur demonstra compartilhar do princípio também apontado por Mach, de que o conhecimento é fundamentalmente histórico. Ele escreve:

“Eu sei que a maioria das descobertas científicas podem ser descritas em poucas palavras e demonstradas por um pequeno número de experimentos decisivos. Mas se tentarmos entender a origem dessas descobertas... ficamos surpresos pela lentidão com a qual elas têm acontecido. Dois diferentes métodos podem portanto ser adotados pelos quais elas tem acontecido. Dois diferentes métodos podem portanto ser adotados para apresentar a descoberta. Um deles consiste em afirmar a lei e demonstrá-la em sua expressão presente sem preocupar-se com o caminho no qual ela surgiu. O outro método... tenta transportar a audiência mentalmente para o período quando a descoberta foi feita. O primeiro método olha principalmente o fato, a lei, e a marcha progressiva da mente humana. Ele desenvolve neles uma expectativa de revolução repentina no pensamento, e uma admiração infundada de certos homens e certas ações. O segundo método ilumina a inteligência. Alarga-a, cultiva-a, a capacita a produzir, amolda-a para novas invenções (PASTEUR apud LARANJEIRAS, 1994, p. 79).

Pasteur alerta que se trabalharmos com um ensino de resultados, divorciado da trajetória histórica, estaremos contribuindo para mistificar tanto o fazer científico, quanto a

imagem dos próprios pesquisadores. E, contrariamente, se contemplarmos a perspectiva histórica, estaremos oportunizando uma compreensão mais profunda das teorias, além de uma visão não reducionista sobre a produção científica, que conforme argumentei no capítulo I, deve ser uma prática de referência para a atuação na perspectiva da educação progressista.

Outra importante iniciativa do início do século que fomentou a pertinência da História da Ciência para o ensino de Ciências, especialmente “*no preparo daqueles que se dedicam a ensinar ciências*”, foi a de **Paul Langevin**. Fervoroso defensor de um ensino de Ciências respaldado pela perspectiva histórica, afirma não ser possível garantir nem a professores nem a cientistas em formação, uma visão dinâmica e humanista da Ciência fora desta perspectiva. **Langevin** afirma que “somente por este caminho pode-se preparar aqueles que continuarão a obra da Ciência e lhes oferecer o sentido de seu perpétuo movimento e do seu valor humano” (1993, p. 9). Destaco, ainda, pela importância no contexto desta dissertação, a afirmação segundo a qual “se esta necessidade é evidente para os que farão a Ciência, ela não será menor para os educadores, os iniciadores” (LANGEVIN, 1993, p. 9).

Ao refletir esta dimensão para o ensino de Ciências, Langevin conclui que os programas oficiais dedicam pouco tempo ao ensino científico e afirma ser este um fator que muito contribui para torná-lo dogmático; um ensino que o autor qualifica como utilitarista, calcado exclusivamente no domínio de leis e fórmulas, que ao serem traduzidas, são posteriormente utilizadas no exercício profissional. É na história da Ciência que **Langevin** aposta para superar o dogmatismo que permeia este ensino e que o torna desinteressante e divulgador da compreensão errônea de que a Ciência é morta e definitiva (op. cit.).

Também a **British Association for the Advancement of Science**, no início deste século, mobilizou-se em favor de um ensino de Ciências pautado na historicidade dos conhecimentos que aborda, contemplando o relato das principais realizações da Ciência e dos métodos pelos quais aqueles conhecimentos puderam ser obtidos. Com esta conduta, acreditavam seus mentores, que o ensino passaria a ter “mais de espírito e menos de aridez” e a Ciência passaria a ser portadora de um “interesse vivo”, explicitando “acertos, falhas e os esboços dos principais caminhos ao longo dos quais o conhecimento natural tem avançado” (LARANJEIRAS, 1994, p. 62-63).

Esta perspectiva emergiu quando da busca de alternativas à superação de um ensino de Ciências pouco frutífero, vigente neste período, e que pretendia, ao pautar-se num conjunto de normas e métodos, conduzir o aluno autonomamente à aprendizagem, através da descoberta ou da resolução de problemas propostos.

Há que se reconhecer também a importante iniciativa da **Universidade de Harvard**, quando, na década de 50, tendo recorrido amplamente à História da Ciência como alternativa ao resgate de um ensino profícuo, integrou-se na luta pelo seu reconhecimento e incorporação no ensino.

Dos resultados promovidos pelas iniciativas de Harvard, MATTHEWS (1994) destaca: o êxito obtido na manutenção dos estudantes nos cursos, o envolvimento também de mulheres nos cursos de Ciências e o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico.

Este saldo tem servido de subsídio e estímulo para inúmeros outros trabalhos desenvolvidos posteriormente e que trouxeram importantes contribuições para a história da Ciência, enquanto área de investigação e enquanto alternativa ao ensino de Ciências.

Ainda a nível de movimento curricular pró utilização da História da Ciência no ensino de Ciências, MATTHEWS (op. cit.) aponta que é possível registrar iniciativas, mesmo que limitadas e esporádicas, já em 1885, na Grã-Bretanha. Nos Estados Unidos, esta perspectiva ganhou ênfase a partir das iniciativas de Harvard, no período pós-guerra, adquirindo expressividade em cursos universitários de Ciências para não cientistas.

Contudo, apesar desta significância, a literatura aponta que as grandes reformas curriculares da década de 60, ocorreram à revelia da Filosofia e História da Ciência. Neste processo, o **Biological Science Curriculum Study - BSCS**, é citado como uma das exceções, tendo em vista que apoiou-se fundamentalmente no pensamento do biólogo-educador **Schwab**, para o qual a Ciência deve ser concebida como “indagação”. Neste sentido Schwab, ao participar na elaboração do BSCS, escreveu que “a essência do ensino de ciências como indagação poderia mostrar algumas conclusões científicas na forma em que surgem e são comprovadas, (...) incluindo também um tratamento adequado das dúvidas e limitações da ciência” (SCHWAB apud MATTHEWS, 1994, p. 259).

Como é possível constatar, as posições explicitadas em favor do uso da História da Ciência no ensino, pautaram-se em argumentos convincentes do ponto de vista pedagógico e epistemológico, o que tem contribuído para que inúmeros pesquisadores e educadores da atualidade aprofundassem essa reflexão, promovendo um debate instigante.

2.2 - AQUECENDO O DEBATE

Contudo, o desenvolvimento dessas idéias encontrou eco em posições contrárias. Apesar do significativo apoio às iniciativas em favor da inclusão da História da Ciência no ensino, a década de 70 mostrou que o consenso ainda estava longe de ser atingido. Neste período, um corpo de argumentos opostos, liderados pelo historiador da Física **Martin Klein**, foram explicitados e amplamente debatidos.

2.2.1 - ALGUMAS RESTRIÇÕES

Segundo **MATTHEWS** (1994) e **SIMÕES** (1994), **Klein** fundamenta-se principalmente no argumento de que é impossível conciliar as especificidades do conteúdo físico, ávido por precisão, às do conteúdo histórico, ávido por detalhes e riqueza de fatos e dados. Neste sentido, afirma que, no ensino, o que é possível fazer, é uma “pseudo-História” ou, quando muito, uma má História, pois ao selecionar fatos e procedimentos, acabamos por fazer simplificações e/ou omissões que seguramente irão distorcer a História, caricaturando-a. Com estes argumentos, Klein conclui que é preferível prescindir da História no ensino, à utilizar uma má História. Ou seja, o autor entende que é preferível um ensino de Ciências desprovido de historicidade, a pautá-lo em uma História sem rigor, integridade e autenticidade.

Também **Whitaker**, conforme destaca **MATTHEWS** (1994) segue nesta mesma direção e fala da “quase-História”. Com esta denominação, refere-se a uma História pouco legítima, em função do complexo processo que requer a construção histórica, tornando-a suscetível a múltiplas versões e interpretações, fazendo-a perder o rigor e portanto a

significância. Whitaker diz que a História não se apresenta simplesmente ao espectador ou ao historiador, mas tem que ser construída, pela seleção de fatos, fontes e dados, pinçando contribuições advindas do contexto externo e interno da atividade científica. Todos estes aspectos serão selecionados e priorizados conforme a concepção de ciência do historiador. Por tais razões, especialmente pela suscetibilidade de construir uma História voltada não apenas para atender aos fins pedagógicos, mas principalmente aos fins de determinada visão sobre a Ciência, Whitaker questiona e mostra-se pouco favorável à utilização da História da Ciência no ensino.

Tanto Klein quanto Whitaker acreditam que estas “deformações” da História podem repercutir seriamente no contexto do ensino de Ciências, não promovendo os objetivos para os quais foi eleita.

Os argumentos de Klein e Whitaker são importantes e precisam ser considerados, *mas não necessariamente para eliminar o uso da História da Ciência no ensino*, afinal, é um alerta para o fato de que na História, estão implícitas as concepções e interpretações do historiador. Não existe História neutra. E é exatamente este aspecto que precisa ser problematizado no contexto da educação progressista. O uso da História da Ciência propiciará explorar esta característica também. Para isso é fundamental uma formação adequada do professor, inclusive em Epistemologia e História da Ciência, para que possa avaliar a abordagem histórica eleita, bem como, utilizá-la numa perspectiva crítica, aprofundando-a especialmente nos aspectos que lhe oportunizam viabilizar os objetivos da perspectiva educacional com a qual acha-se comprometido, uma vez que o ato educativo também não é neutro.

Também **Brush**, um grande colaborador do Projeto Harvard, que muito se envolveu com as discussões sobre o uso da História da Ciência no ensino, na década de 70 externou preocupações com relação ao uso da História da Ciência. Para Brush a História da Ciência poderá conter um potencial “subversivo”, exercendo uma má influência sobre os estudantes, solapando as convicções do dogma científico e comprometendo o entusiasmo dos aprendizes. Precavidamente, Brush sugere que a História da Ciência deve “restringir-se a audiências científicas maduras” (BRUSH apud MATTHEWS, 1994, p. 261). Este autor compreende que devemos proteger os estudantes dos escritos históricos no início de suas carreiras científicas, sob pena de estarmos violentando seu ideal profissional e comprometendo a imagem pública dos cientistas. Assim fundamentado, Brush não

desmerece o uso da História da Ciência no ensino, apenas sugere que ela seja utilizada oportunamente.

Recentemente, esta posição é retomada pelo próprio autor, que se posiciona de forma mais flexível e positiva em relação à articulação História da Ciência e ensino. Ao refletir as virtudes desta iniciativa, elenca: o reconhecimento que o aluno terá, da diversidade de pontos de vista que permeou o debate das teorias; a possibilidade de promover uma discussão mais equilibrada entre descobrimentos e construções teóricas e o reconhecimento da participação feminina na construção da Ciência (BRUSH apud BIZZO, 1993).

Aos argumentos de Klein e Brush quanto aos perigos do uso da História da Ciência no ensino, MATTHEWS (1994) escreve que são pontos a serem considerados, mas que de forma alguma constituem-se em argumentos suficientes para nos levar a simplesmente abolir esta iniciativa. Enfatiza que simplificações da História da Ciência são necessárias no processo pedagógico, assim como são necessárias simplificações em outras abordagens, nos mais variados cursos, inclusive buscando adequações com as características do grupo e do currículo.

Este é um aspecto importante a ser considerado quando do uso de uma abordagem histórica no ensino. Na verdade não se pretende “fazer” História da Ciência, a partir de uma pesquisa historiográfica dos trabalhos originais que culminaram com a elaboração dos modelos e teorias formuladas por cientistas. Esta é uma tarefa para historiadores da Ciência. Uma consulta aos trabalhos já divulgados desses historiadores poderá subsidiar uma abordagem histórica. No capítulo III retornarei a este ponto, exemplificando o uso que fiz de textos de historiadores da Ciência. Mesmo assim, é importante considerar o alerta de CARR:

“... nenhum historiador de sã consciência pretende fazer algo tão fantástico como abranger ‘o todo da experiência’; ele não pode abranger mais do que uma fração diminuta dos fatos, mesmo de seu setor escolhido, ou aspecto, da história. O mundo do historiador, assim como o mundo do cientista, não é uma cópia fotográfica do mundo real, mas antes um modelo funcional que lhe possibilita mais ou menos eficazmente compreendê-lo e dominá-lo. O historiador filtra da experiência do passado, ou do tanto de experiência do passado que lhe é acessível, aquela parte que ele reconhece como sujeita a explicação e interpretação racionais e dela tira conclusões que podem servir como um guia de ação” (1983, p. 87).

Sobre as múltiplas interpretações da História, MATTHEWS (1994) compreende que não se constituem em barreiras ao seu uso no ensino, mas ao contrário, acredita que esta poderá ser uma ótima oportunidade para orientar os estudantes sobre a leitura de textos e a interpretação de fatos. Para esta afirmação, respalda-se na vivência que os alunos trazem e na compreensão que possuem do seu cotidiano, onde os fatos também comportam múltiplas interpretações, não sendo diferente com a História da Ciência. Com relação aos perigos das possíveis distorções, o autor contra-argumenta dizendo que esta preocupação será abrandada quando oferecermos uma boa formação aos professores, incluindo nesta a Filosofia e História da Ciência.

Compartilho desta solução proposta por Matthews e sobre ela me atarei com mais detalhes no capítulo IV, onde dissertarei o desenvolvimento de uma proposta que contemplou a perspectiva histórico-epistemológica na formação dos professores de Biologia. No momento continuo resgatando aspectos do debate sobre a relação História da Ciência e ensino de Ciências, particularmente de Biologia.

2.2.2 - AVANÇO DAS PROPOSIÇÕES

BIZZO (1993), referindo-se ao ensino de Biologia e ao papel que a História da Ciência pode desempenhar neste contexto, diagnostica que, apesar da crescente importância que a História da Ciência vem adquirindo para o ensino das múltiplas áreas do conhecimento científico, esta iniciativa ainda é passível de entendimentos variados, o que tem gerado grandes controvérsias.

Bizzo destaca que um dos problemas que está no bojo desta controvérsia, especialmente na área de Biologia, e que merece atenção, são as deformações historiográficas. O autor cita inúmeras maneiras de promover deformações na historiografia, e afirma que estas são muito nocivas, pois, analogamente, poderão causar deformações no processo de aprendizagem, tanto no que se refere à compreensão das teorias, como na visão de ciência que será transmitida ao aluno.

Contudo, apesar de reconhecer estes perigos, o autor vislumbra possibilidades reais e proficuas para a utilização da História da Ciência no ensino de Ciências. Respalda-se em MATTHEWS (1990), GAGLIARDI e GIORDAN (1986), GAGLIARDI (1988), SIEGEL (1979) e BRUSH (1992), afirma que o ensino de Ciências que se utiliza de uma abordagem histórica, antecipa “obstáculos epistemológicos”, determina “conceitos estruturantes”, oportuniza ao aluno uma melhor compreensão dos paradigmas, transmite uma visão desmistificada da atividade científica, estimula a adoção de posturas críticas e aumenta o interesse dos alunos por problemas científicos.

Em síntese, ela contribui para os principais aspectos desejáveis de uma abordagem problematizadora dos conhecimentos, conforme se pretende numa perspectiva educacional progressista. Ou seja, a historicização do conhecimento não terá um fim em si mesma, mas estará articulada a alguns princípios educacionais que reduzem o perigo de selecionar descompromissadamente dados e fatos do contexto histórico.

Para exemplificar e sugerir alternativas: a abordagem histórica de um dado conteúdo, ao ser articulada aos princípios de uma prática educacional progressista, não irá pautar-se exclusivamente na cronologia dos fatos, nem mesmo na apresentação de iniciativas exitosas ou no elenco de personalidades sensacionais que promoveram os êxitos. O que irá balizar a história a ser trabalhada serão os problemas que nortearam as pesquisas e as hipóteses propostas na busca de soluções. Isto significa também o uso seletivo de referências bibliográficas e, como decorrência, este também é um motivo suficientemente forte para justificar a presença de uma discussão sistematizada sobre História da Ciência nos cursos de Formação de Professores de Ciências/Biologia. Fundamentada em pressupostos educacionais desta natureza, compreendo que a História da Ciência, ao ser utilizada no ensino, poderá caracterizar a atividade científica de forma desmistificada, privilegiando a pluralidade de idéias, de modelos, de contextos, e assim contribuir para a efetivação de um ensino de Biologia crítico.

O capítulo III desta dissertação foi elaborado a partir deste entendimento. Nele resgato alguns modelos construídos historicamente, segundo as referências bibliográficas selecionadas, sobre o tema reprodução. A perspectiva histórica implícita está comprometida com a problematização do conhecimento e neste sentido, a pluralidade de idéias, de argumentos, de modalidades de pesquisa e de modelos teóricos foi contemplada. Neste contexto, não há espaço apenas para as iniciativas exitosas, mas para o esforço humano

desprendido, segundo as referências usadas, no sentido de promover avanços às teorias. Por sua vez, o capítulo IV relata como foi possível dinamizar esta perspectiva histórica com os alunos. Será evidenciado que mesmo considerando a complexidade do texto histórico, a necessidade dos recortes e o tempo disponível, foi possível o desenvolvimento da disciplina, contemplando a abordagem histórica no ensino do tema **reprodução**.

GAGLIARDI e GIORDAN (1986) sugerem a utilização da História da Ciência, particularmente da Biologia, como uma “ferramenta” capaz de auxiliar na definição do que denominam “conceitos estruturantes”, os quais, uma vez localizados na trajetória histórica, seriam transformados em conteúdos fundamentais para o ensino de Biologia. A hipótese que formulam é de que a História da Biologia permite selecionar as idéias-chaves ou os conceitos que, ao serem alcançados, foram decisivos no processo de desenvolvimento científico desta área do conhecimento. Assim sendo, interpretam que estes conceitos serão igualmente imprescindíveis no processo de aprendizagem do aluno e deverão fazer parte dos programas de ensino de Biologia, pois, ao serem apropriados pelo aluno, poderão, segundo argumentam esses autores, transformar o seu sistema cognitivo, e neste sentido, torná-lo apto a incorporar novos conhecimentos e prosseguir aprendendo.

Ao aprofundar esta reflexão, GAGLIARDI (1988) argumenta que a utilização da História da Biologia na identificação dos conceitos estruturantes oportuniza reduzir o volume dos programas de ensino, eliminando superficialidades e dedicando maior atenção àqueles assuntos que são imprescindíveis ao sistema cognitivo do aluno. Nas palavras do autor:

“Nossa intenção não é aumentar a quantidade de informação que recebem os alunos, nem submetê-los a níveis mais amplos e difíceis, mas iniciar uma discussão que acreditamos frutífera sobre os modos possíveis de melhorar o ensino de ciências na escola” (p. 291).

Assim, afirma que o que compete ao ensino científico é levar os alunos a superar os obstáculos que os impedem de construir novos conhecimentos. Nesta perspectiva, compreende **Gagliardi**, a escola não será mais o local onde se aprende Ciências, mas o local onde se transforma o sistema cognitivo do aluno para que possa aprender Ciências. Conclui que a utilização da História da Ciência está no seio de uma transformação do ensino de Ciências, por que nos permite mudar de um ensino de pura transmissão e

memorização, para um ensino pautado na construção dos conhecimentos, ou seja, na transformação do sistema cognitivo do aluno em função do que aprende. Muito embora esta hipótese não tenha balizado o trabalho aqui desenvolvido, ela é relativamente presente nas discussões sobre a relação História da Ciência e ensino de Ciências, quer com posicionamentos favoráveis, quer contrários, merecendo pois, registro nesta visão panorâmica da temática.

Quanto ao tipo de História a ser utilizada, **Gagliardi e Giordan** posicionam-se em favor de uma abordagem que contemple os contextos que deram sentido à produção científica, oportunizando aos alunos evidenciar as dificuldades que permearam cada construção, os diversos obstáculos que tiveram que ser superados, o universo de idéias que surgiram para resolver os problemas propostos, a concomitância destas idéias, a necessidade de avançar cada etapa, os riscos de algumas iniciativas, a possibilidade de insucesso, os períodos de estagnação, etc. Além disto, uma História que explicita as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, a resistência às transformações, enfim, todos os aspectos que oportunizam ao aluno compreender a atual situação da Ciência, sua ideologia, os setores que a controlam e os principais beneficiados com o seu desenvolvimento.

Destaco a importância que **Gagliardi e Giordan** dão a estes aspectos a serem explorados quando da abordagem histórica. Conforme será visto nos capítulos III e IV, eles estão presentes, quer na elaboração do texto sobre reprodução, quer no desenvolvimento do tema em sala de aula com os licenciandos.

CASONATO também busca na História da Ciência uma alternativa próspera ao ensino das “ciências da vida”. Sua defesa é em favor de um “ensino que apresente o processo de construção destas ciências, tal como ele é realizado pelos pesquisadores das diversas disciplinas: privilegiando os problemas por eles formulados até as tentativas de resolução e de reformulação destes” (1993, p. 200). Com este pressuposto, Casonato deseja aproximar a atividade de ensino ao trabalho científico, renunciando ao modelo de aprendizagem calcado na pura transmissão-recepção, onde o conhecimento é concebido como absoluto e irrefutável.

Assim, ao articular processo e produto, **Casonato** postula em favor de um ensino que, ao mostrar aos alunos a dinâmica de construção científica, será menos dogmático e

oportunizará a aquisição de atitudes científicas como curiosidade, capacidade de questionamento, espírito crítico, autoconfiança, criatividade, etc., atributos que qualifica como imprescindíveis à educação científica

A interpretação que faço da perspectiva sinalizada por **Casonato** a partir do uso da História da Biologia no ensino, é que ela traz implícita pressupostos da abordagem educacional progressista. Embora na proposição que faz, Casonato não articule a abordagem histórica do conteúdo a uma perspectiva educacional mais ampla, compreendo que explicita atributos desta parceria que podem ser ancorados na vertente educacional progressista.

Por exemplo, quando enfatiza que no ensino devem ser explicitados os problemas que geraram o conhecimento, enseja a perspectiva freiriana que nos fala da “matriz problematizadora” enquanto momento de reflexão crítica sobre o conteúdo programático. Por outro lado, quando interpreta que o ensino pautado na perspectiva histórica, promove o desenvolvimento de habilidades críticas dos alunos frente aos fatos, parece estar caracterizando um ensino que vai ao encontro dos interesses e necessidades dos alunos, aproximando-se em muito da proposição de SNYDERS (1988) quando defende a “alegria na escola”.

2.3 - HISTÓRIA DA CIÊNCIA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

SANDOVAL e CUDMANI (1993) projetam a importância da História da Ciência no ensino, primeiramente para a formação dos professores. Afirmam que a realidade do ensino de Ciências em nossas escolas reclama por uma melhor formação dos professores, e esta perspectiva deverá incluir também conhecimentos em História e Epistemologia da Ciência, pois a incorreta compreensão da natureza do trabalho científico, tem promovido inadequadas estratégias de ensino.

As autoras assinalam que nos últimos 30 anos as pesquisas têm sido esclarecedoras, no sentido de cada vez mais valorizar a presença da Epistemologia e História da Ciência no

ensino. Contudo, lamentam que os cursos de Formação de Professores ainda estejam à margem deste movimento, registrando iniciativas muito esporádicas.

Ao situar a perspectiva histórico-epistemológica na formação dos professores, **Sandoval** e **Cudmani** destacam que esta iniciativa trará reflexos na prática dos professores, capacitando-os a transmitir uma visão mais realista e humana da disciplina, aumentando o interesse e o compromisso dos alunos pela mesma, levando-os a uma melhor compreensão das teorias científicas, combatendo o dogmatismo, incentivando a análise crítica, permitindo a compreensão da complexa natureza da metodologia científica, despertando a atenção não só para os resultados, mas para os problemas, não à receita, mas às explicações, não à lei empírica, mas à teoria, tornando claro que a Ciência não se desenvolve por um processo aditivo, mas que sempre surgirão novos problemas, que velhas hipóteses podem suscitar novos interesses, que hipóteses atuais poderão ser questionadas, que os problemas têm vários níveis de solução, e que nunca estará definida a solução final, pois, a Ciência é viva e evolui sempre.

Reconhecidos estes atributos, as autoras concluem que a Epistemologia e História da Ciência deve se tornar um estruturador dos programas de formação de professores, pois o sentimento de despreparo para trabalhar o conteúdo nesta perspectiva de contextualização é um fator preponderante que tem coibido qualquer iniciativa.

Tendo em vista o que tenho dissertado, estou de pleno acordo com as autoras, no entanto, algumas questões parecem pertinentes: dada a consistência dos argumentos utilizados para valorizar a inclusão da História da Ciência no ensino, inclusive na formação dos professores, de que maneira ela pode ser contemplada neste processo? Deverá concretizar-se enquanto uma disciplina independente no currículo? Ou ser articulada às próprias disciplinas específicas?

Estas são questões muito presentes na discussão que a comunidade têm realizado. DELIZOICOV enfatiza que, embora estejamos conscientes de que o domínio dos paradigmas é condição necessária para a formação dos professores, “cada vez mais estamos nos convencendo que isto não é condição suficiente para a atuação docente, pois... Há que se trabalhar também na formação do professor de Física o processo que possibilitou os produtos” (1995, p. 2). Sinaliza que mesmo havendo um volume expressivo de publicações que reconhecem a dimensão histórica e filosófica como elementos da formação do

professor, os indicativos de como isso possa ser feito, apontam em distintas direções, não necessariamente excludentes.

Ainda que os autores anteriores estejam se referindo ao uso da História da Ciência, mais particularmente às especificidades do ensino de Física, em relação ao ensino de Biologia, LACOMBE (1987) afirma que a abordagem histórica orienta o professor de Biologia no sentido de suspeitar sempre do dogmatismo e do cientificismo, tentações muito fortes no nosso ensino. Além disso, auxilia os professores na identificação dos “obstáculos epistemológicos”, para que, uma vez reconhecidos, seja possível selecionar estratégias de ensino eficazes à sua superação.

Lacombe chama a atenção para o pouco espaço conquistado pela História da Biologia no ensino secundário francês e manifesta que esta iniciativa só ampliará suas fronteiras, no momento em que os professores estiverem convencidos da sua importância.

Porém, para que o professor esteja convencido da importância de um ensino respaldado numa abordagem histórica, é necessário que ele próprio tenha vivenciado esta perspectiva no seu processo de formação, seja formação inicial ou continuada, para então, consciente da sua importância, proporcioná-la também a seus alunos.

ABRANTES (1988), instigando um debate específico sobre o tema, revela-se descrente quanto ao uso da História da Ciência no ensino. Afirma que esta articulação tornará a História da Ciência apenas um instrumental ou artifício didático para uma melhor compreensão das teorias científicas. Para o autor, isto significa subjugar a História da Ciência aos objetivos puramente didáticos, e isto, segundo seu entendimento, conduziria a um empobrecimento da História, possivelmente não auxiliando no aprendizado da Ciência como é esperado desta iniciativa.

Entende **Abrantes** que devemos introduzir a História da Ciência nos cursos de Ciências, porém, não com a pretensão de através dela fazer o aluno melhor compreender as teorias científicas, mas para questionar o que chama de “imagens da Ciência”, ou seja, as diversas compressões sobre a construção do conhecimento científico e as relações entre ciência e sociedade. A nível universitário, **Abrantes** tem dúvidas se este deve ser um dos objetivos do ensino e, neste momento recorre às idéias de Kuhn, dizendo que a educação científica a nível de terceiro grau deve reproduzir a comunidade de especialistas, treinando os profissionais dentro do atual paradigma.

Com relação a este argumento, ZANETIC (1989), entende que embora Kuhn não torne explícita sua defesa quanto à utilização da História da Física, ele faz um bom diagnóstico da educação científica, identificando o valor do treinamento dos jovens cientistas nas tradições fornecidas pelo paradigma em vigor. Contudo, **Zanetic** não encontra sustentação para a interpretação de que Kuhn tenha sugerido que a História, para ser utilizada no ensino, deve ser distorcida ou reconstruída de maneira a atender os objetivos específicos do ensino. Mesmo assim, **Abrantes** desaconselha misturar História da Ciência com curso de Ciências, a fim de não causar prejuízos ao curso ou correr o risco de fazer uma má História. Entende que esta articulação deve ficar por conta do aluno, se ele assim o desejar, oferecendo a História da Ciência como disciplina optativa e independente, sem atrelamentos com disciplinas específicas. Conclui dizendo que não está convencido de que um físico que conhece a História da Física será melhor físico que aquele que não a conhece.

Contudo, esta última argumentação de **Abrantes**, se é aplicável à formação de físicos, não se aplica necessariamente para os cursos de formação de professores. Neste contexto, conforme a literatura está apontando, o uso da História da Ciência tem se revelado uma iniciativa promissora, fundamentalmente por que contribui para potencializar a prática do futuro profissional da educação, para enfrentar o dogmatismo presente no ensino de Ciências, constituindo-se também, numa ferramenta útil para que o professor possa detectar aspectos fundamentais do conteúdo em estudo. Neste sentido, os argumentos até então granjeados parecem contrariar a transposição do pensamento de Abrantes para o âmbito da formação de professores.

ZANETIC (1988), posicionando-se a favor do uso da História no ensino de Física, afirma estar ciente de que esta não é tarefa fácil, muito menos trivial, mas que é imprescindível na formação dos professores, pois mesmo que estes não venham a utilizá-la diretamente com seus alunos, ela de alguma forma irá “alimentar suas aulas”. Diz que a História da Ciência lhes oportunizará fazer um ensino de Ciências mais dinâmico e articulado, capaz de dialogar com o mundo, com a realidade, explorando também questões políticas e sociais. Neste sentido, **Zanetic** afirma ser necessário aprofundar a reflexão em torno das possibilidades de inserção da História da Ciência no ensino, a fim de passar ao aluno muito mais do que simples fórmulas, algo que ele denomina de cultura científica.

Nesta mesma direção, BOIDO (1985), em um artigo intitulado “História da Ciência e Vida da Ciência” defende à Ciência e ao seu ensino uma visão mais humanística. Critica

o ensino de Ciências praticado em nossas instituições, afirmando que sua a-historicidade traveste a verdadeira imagem da Ciência. Cita que os professores, como também os livros de texto, salvo raras exceções, lidam com conceitos e leis científicas, como algo “asséptico, neutro”. **Boido** afirma que para compreender a Ciência, devemos concebê-la como uma atividade dinâmica, como conhecimento provisório, evolutivo, autocrítico e autocorretivo; que a atividade do cientista deve ser concebida a partir de uma complexa intersecção de crenças filosóficas ou ideológicas, de motivações pessoais, de paixões, de obstáculos, de acertos e também de erros, circunscritos num marco sociopolítico que tanto promove como inibe a tarefa do cientista e de sua comunidade, podendo suscitar a polêmica e o conflito.

O autor assinala que estes efeitos são obtidos pelas virtudes da moderna Historiografia, que se remete à classe de questões que o cientista pôde formular no contexto de sua época, às respostas que estava em condições de oferecer, às razões porque algumas perguntas e respostas lhes eram inacessíveis, suas convicções ideológicas ou filosóficas, à forma de lidar com a própria observação, e ainda, o condicionamento advindo da estruturação social, política ou econômica vigentes. Com estas características, afirma que

“a História da Ciência se converteu em algo mais do que uma coleção de pitorescas biografias de gênios, de talentos incapazes de errar, ou ainda, uma seqüência de iniciativas exitosas, narradas de forma novelesca e desenvolvidas linearmente em um vácuo cultural” (BOIDO, 1985, p. 21).

O autor mostra-se desejoso de que este fôlego, com tamanha dimensão vital e humana, seja propagado também à nossa forma de conceber o ensino de Ciências. Destaco que este é o grande desafio, ao qual ele justifica a necessidade de interação entre a História da Ciência e ensino de Ciências.

Quando **Boido** se refere aos livros didáticos, diagnosticando que são veículos disseminadores de uma concepção de Ciência equivocada, constata uma realidade que está presente também no ensino de Biologia. Nesta perspectiva, CICILLINI (1992) relata a busca que fez em livros didáticos de Biologia utilizados em escolas públicas mineiras, procurando identificar a presença ou não da História da Ciência, e de que História tratam estes livros. Sua conclusão é de que as aparições da História da Ciência nestes materiais são muito esporádicas, e quando feitas, caracterizam uma História pouco crítica que se atem essencialmente à cronologia dos fatos e às iniciativas exitosas. Conforme a autora, esta

História não oportuniza a compreensão da dinâmica da produção científica, transmite o entendimento de atividade linear, tranqüila, consensual, e de um conhecimento acabado, muitas vezes chegando mesmo a ser falseado.

ZYLBERSZTAJN, PEDUZZI e MOREIRA (1992), ao realizarem uma análise crítica da atual trajetória descrita pelo ensino de ciências, enfatizam o desperdício provocado pela dicotomia existente entre as pesquisas educacionais e o ensino de Ciências. Os autores relatam que os resultados obtidos pelas pesquisas em ensino de Física, não estão sendo transferidas para os livros de texto e, por conseqüência, não estão chegando à sala de aula. Exemplificam esta explícita falta de sintonia, com a História da Ciência, que as pesquisas têm apontado como imprescindível para a aprendizagem de alguns temas da Física e que, no entanto, os livros didáticos de maior utilização simplesmente a desconhecem.

Estes dados são reveladores e nos mostram o perfil epistemológico do ensino de Ciências/Biologia possível de ser desenvolvido a partir da utilização a-crítica destes materiais didáticos. Compreendo que uma formação consistente em Epistemologia e História da Ciência possibilitará ao professor excluir fontes desta natureza que empobrecem o ensino de Biologia, ou então, utilizá-las numa perspectiva crítica. No capítulo IV abordo com maior profundidade esta polêmica questão.

Em defesa da articulação História da Ciência com ensino de Ciências, ZYLBERSZTAJN, PEDUZZI e MOREIRA (1992) afirmam não se surpreender diante do insucesso da aprendizagem, quando em aula são apresentados tão somente os enunciados e alguns exemplos da aplicação das leis físicas. Entendem que a abordagem histórica enriquece o ensino por que explicita formas de pensamento de outras épocas, que embora superadas, quando analisadas dentro de um contexto que ressalta a sua consistência e coerência internas, propiciam não apenas uma melhor compreensão da evolução das idéias e conceitos, mas uma visão mais nítida e realista do desenvolvimento da própria Física. Posicionam-se contrariamente a uma História linear que sonega os percalços do seu desenvolvimento, e nesta argumentação, aliam-se a Robilotta, quando afirma que uma História linear produz uma imagem distorcida da Ciência, e esta gera no estudante um sentimento de inferioridade.

ROBILOTTA, em uma reflexão sobre a relevância da História da Ciência no ensino de Física, parte de uma análise da caótica realidade descrita pelo ensino de Ciências, afirmando que ele “parece não levar os estudantes a serem proprietários do conhecimento” (1988, p. 7), não lhes possibilitando interagir com seu contexto e resolver os problemas que este contexto lhes apresenta. Além disto, destaca que o ensino, de um modo geral, tem contribuído para solapar a criatividade que os alunos por natureza carregam, “domando-os” e tornando-os repetidores de coisas, seres passivos, incapazes de perceber e propor questões básicas do seu contexto. Caracteriza, assim, que o ensino ocorre no “cenário cinzento da passividade, da falta de interesse e da apatia” (op. cit.).

Robilotta afirma que este quadro se deve também ao nosso “desconhecimento tanto das características intrínsecas do conhecimento físico como dos processos pelos quais ele é gerado” (1988, p. 8). Sua argumentação é de que conhecemos muito pouco sobre os processos que geram determinado conhecimento e este fator, a seu ver, é determinante de muitas dificuldades enfrentadas no processo ensino-aprendizagem. Paralelamente a esta problemática a ser atacada, destaca também as concepções acerca do processo de produção do conhecimento, que tanto os livros de texto, como a postura pedagógica dos professores transmitem, seja tácita ou explicitamente. Afirma que a pregação de um conhecimento objetivo está sustentada na tradição indutivista e dá suporte ao entendimento de que o conhecimento científico é “neutro, a-político, e que descreve o mundo natural como ele realmente é” (1988, p. 13).

Com estes argumentos, **Robilotta** resgata a necessidade urgente de inserirmos a História e Epistemologia da Ciência no ensino, afirmando que é “no estudo combinado dessas duas disciplinas que repousa a possibilidade de se compreender o processo de construção do conhecimento” (1988, p. 17).

Valoriza, ainda, que a História da Ciência utilizada no ensino, auxilia no desenvolvimento de uma postura crítica, porque leva o indivíduo a optar, e a opção exige critérios, leva-o a ultrapassar os limites da passividade, introduz o contraste e isto, afirma, permite melhor compreender o que é, pelo comparativo com o que não é. Além disso, a História da Ciência contribui para demolir mitos, porque explicita a construção do conhecimento, caracterizando o fazer científico como uma atividade humana.

Depreendo, assim, a necessidade de formar professores que tenham a competência de trabalhar estas dimensões do conhecimento científico.

Nesses termos, para além de sintonias e desacordos, este estudo resgatou elementos importantes que possibilitam aprofundar a reflexão sobre a utilização da História da Ciência no ensino, tendo em vista uma prática educacional progressista.

A bibliografia consultada demonstra não só a predominância, mas também a consistência dos argumentos favoráveis à esta iniciativa, dadas as contribuições que poderá trazer ao ensino. No entanto, há lacunas relativas à operacionalização desta perspectiva no ensino de Biologia e na formação de professores para esta área do conhecimento.

Com o propósito de contribuir para uma abordagem histórica ao ensino de Biologia, dedico os próximos dois capítulos a dissertar sobre uma prática educativa em sintonia com os aspectos até o momento apresentados, quer em relação às premissas educacionais, quer históricas, e a sua articulação com o ensino de Ciências no contexto da formação de professores em um curso de licenciatura em Biologia.

CAPÍTULO III

REPRODUÇÃO: SUBSÍDIOS HISTÓRICOS PARA A AÇÃO DOCENTE

3.1 - PREMISSAS E INTENÇÕES

Para desenvolver este capítulo, tenho me apoiado fundamentalmente na importância de contemplar a historicidade do conhecimento no ensino de Biologia. Os argumentos através dos quais explicito e justifico esta posição foram apresentados e desenvolvidos nos capítulos I e II.

Neste momento, abordo um tema específico da biologia - **reprodução** - a partir de determinada perspectiva histórica, com o objetivo de que possa constituir-se em subsídio para a ação pedagógica. Vale ressaltar que este capítulo foi de grande importância para fundamentar a minha própria prática pedagógica, cuja dimensão relativa ao trabalho desenvolvido em sala de aula será apresentada e analisada no capítulo IV, especialmente no que se refere à reflexão dela extraída.

O texto será desenvolvido a partir da idéia fundamental de conhecimentos construídos. Neste sentido, contemplo diversos níveis de entendimento do processo de reprodução concebidos através da História, tendo o cuidado de selecionar os aspectos que foram mais significativos para a construção do modelo atual, tenham sido eles prósperos ou não, mas que de uma forma ou de outra estiveram em cena. Fica implícita nesta elaboração,

a compreensão de que o modelo atual, à semelhança dos que o antecederam, é um produto, fruto de um processo dinâmico que comporta mudanças.

Ao caracterizar as práticas pedagógicas progressistas, no capítulo I, ressaltai a importância de um ensino de Biologia problematizador que ao desafiar a reflexão, oportuniza aos educandos desenvolver a capacidade de pensar e agir criticamente. Pautada nesta concepção de educação, é que desenvolvo o presente texto, procurando dar ênfase às situações-problema que permearam a construção dos modelos apresentados, com o intuito de que estes possam constituir-se em desafios também aos alunos, levando-os a construir significados em torno do tema abordado.

Além disto, ao contemplar este princípio epistemológico - o da construção do conhecimento - penso estar contribuindo para a compreensão de que **“todo o conhecimento é resposta a uma questão”**, e assim, problematizar o mito de conhecimentos descobertos, que acaba por mistificar tanto os procedimentos que levam a alcançar o conhecimento científico, quanto os personagens envolvidos neste fazer.

Uma melhor compreensão sobre o fenômeno da reprodução dos seres vivos tornou-se possível na medida em que as Ciências Naturais progrediram, os métodos da Ciência foram sendo transformados da simples contemplação e especulação, para a decifração, adentrando no reconhecimento íntimo da matéria. Avanços significativos também foram constatados na medida em que a Biologia estabeleceu-se como ciência. Contudo, o progresso de áreas afins como a Física e a Química foi imprescindível para que as teorias biológicas fossem se constituindo.

Contemporaneamente, é possível discutir com alguma tranquilidade os mecanismos da reprodução sexuada, pois estes estão de certa forma bem estabelecidos. Sabe-se que estes seres vivos provém de outros seres vivos, da mesma espécie, desenvolvendo-se a partir de uma estrutura primeira, denominada ovo. Que este ovo é o produto da junção de dois elementos fundamentais à esta construção, duas células: o óvulo que provém da mãe e o espermatozóide que provém do pai. Neste processo, sabe-se, também, que cada um destes elementos básicos, óvulo e espermatozóide, carrega consigo informações genéticas que garantem a participação de ambos os progenitores nesta construção. Além disto, identifica-se com clareza os processos de produção de espermatozóides e óvulos, suas propriedades e suas particularidades.

Contudo, há que se explicitar que o conhecimento desta área nem sempre foi este, que o atual nível de discernimento foi atingido há pouco mais de um século, pelo esforço coletivo de pesquisadores de diferentes áreas, que o desenvolveram, não de forma linear, seqüencial, apresentando formas de entendimento cada vez mais generosas, mas por rupturas com formas de entendimento construídas historicamente e que tiveram que ser aprimoradas ou remodeladas.

Neste processo, momentos de estagnação e até mesmo de retrocesso podem ser identificados, pois, grandes “obstáculos” interceptaram esta trajetória e tiveram que ser ultrapassados para que fosse possível avançar ao nível de entendimento em que hoje nos encontramos. A perspectiva, aqui traçada, não exclui a possibilidade de que as teorias atuais possam vir a modificar-se no tempo com o avanço de novas pesquisas.

Numa situação pedagógica, esta é uma característica fundamental a ser extraída da perspectiva histórica. Ou seja, ao historicizar a construção de um conhecimento, nos deparamos com elementos importantes que oportunizam desenvolver a compreensão de que a ciência, enquanto processo, está em permanente movimento, em permanente construção, e portanto, é renovável, dinâmica, viva.

Esta característica epistemológica, quando explicitada e explorada no processo didático-pedagógico escolar, poderá auxiliar a compreensão de alunos e professores, de que o conhecimento trabalhado a título de conteúdo de ensino, mesmo dado e utilizado como referência, não é algo acabado, pronto, definitivo, mas que está submetido a um processo permanente de construção e reconstrução e, portanto, é mutável.

É objetivo do presente capítulo caracterizar esta perspectiva epistemológica através do resgate histórico de alguns dados sobre a evolução do conhecimento sobre reprodução.

Compete destacar que o texto a seguir apresentado, ao mesmo tempo em que foi se constituindo como um subsídio para estruturar e desenvolver o tema **reprodução**, na disciplina de Fisiologia Humana, no curso de Biologia, da Universidade do Contestado - UnC, Campus de Concórdia - SC, foi sendo elaborado num processo que envolveu a pesquisa bibliográfica sobre o desenvolvimento histórico dos modelos e teorias sobre reprodução e a minha compreensão desta dimensão da temática, bem como a sua abordagem em sala de aula com os alunos. O texto foi preparado também com a intenção

de fornecer subsídios para a ação docente de professores de Biologia que tem como opção explorar a dimensão histórico-epistemológica no ensino-aprendizagem em Ciências, quer seja em curso de formação de professores ou não.

3.2 - OS MODELOS GREGOS

Se nos reportarmos à Ciência Grega, analisando-a especialmente na sua segunda fase, que é caracterizada como o ponto alto da sabedoria grega, e avançarmos até o período Renascentista, iremos perceber que o conhecimento sobre o mundo vivo apresentou poucas oscilações, evoluindo de forma lenta e pouco expressiva.

Particularmente no que se refere à reprodução sexuada, aquela para a qual é necessário que dois indivíduos participem, o principal desafio foi compreender:

“como, dois indivíduos, um macho e outro fêmea, engendram um terceiro que terá invariavelmente um ou outro desses sexos”? (BUFFON apud PIVETEAU, 1954, p. 250, tradução minha).

Os estudiosos gregos definiram este processo de reprodução como um **sinônimo de dupla semente**. Ao seu modelo explicativo, o novo indivíduo resulta da junção de duas sementes, uma feminina e outra masculina. Em detalhes, isto significa que cada um dos sexos, na relação sexual, espalha um licor. O licor seminal do macho vai até a matriz¹ onde se mistura com o licor seminal da fêmea. A partir daí, os autores gregos não encontravam mais dificuldades para compreender e explicar como, desta mistura, resultava um ser vivo; tudo era operado por uma faculdade geradora. (MAUPERTUIS apud GIORDAN, 1987).

Com este sistema de pensamento, os sábios gregos fundaram as chamadas **teorias epigenistas**, para as quais os pais intervêm conjuntamente no processo da geração. Contudo, a forma de participação de um e outro e os mecanismos que desencadeiam o

¹ “matriz” é a denominação dada historicamente ao que hoje é chamado de útero.

processo da geração são muito variados de autor para autor. Este fator deu origem aos diversos modelos epigenistas.

Porém:

“que idéias são estas, detalhadamente? Especificamente, quais seriam estas sementes que intervêm? Que papéis desempenham cada uma na geração de novos seres vivos”? (GIORDAN, 1987, p. 68, tradução minha)

Para **Hipócrates** [460-377 a.C.], por exemplo, biólogo e médico, o feto é simplesmente o resultado da mistura de duas sementes: uma masculina e outra feminina. Este licor ou semente, que é o extrato de todas as partes do corpo, mas fundamentalmente do cérebro, desce pelo canal da medula espinhal, mistura-se com o licor da fêmea na matriz e desencadeia aí a formação do novo indivíduo.

Neste processo, Hipócrates considera que há a participação de ambos os pais na geração, ou seja, os dois fornecem um licor prolífico. Contudo, ressalta que há também a participação especial do espírito nesta fabricação. É ele que penetra através da respiração materna, pela alternância de ar quente e frio, e faz nascer a vida. O conteúdo menstrual é suspenso por que passa a constituir a carne através de um processo de coagulação, a qual vai articulando-se na medida em que cresce, e recebe forma através do espírito, que é responsável por colocar cada coisa no seu lugar. Além disso, o sangue menstrual fornece a alimentação necessária ao novo ser vivo.

Sobre o surgimento de indivíduos machos e fêmeas, Hipócrates considera que ambos os progenitores produzem dois tipos de semente, uma que é mais forte e eficaz e outra mais fraca. Se ambos fornecerem sua semente forte, produzirão um macho, e se ao contrário, eles derem ambos apenas sua semente fraca, resulta disso, apenas uma fêmea (PIVETEAU, 1954).

A fragilidade deste modelo é perceptível, por exemplo, diante da questão:

“o que ocorre quando um dos progenitores fornece sua semente forte e o outro sua semente fraca, nasce macho ou fêmea”? (BUFFON apud PIVETEAU, 1954, p. 263, tradução minha).

A questão fica sem resposta. O modelo de Hipócrates recebe críticas também pela forma simplista como explica a procedência do líquido seminal.

Sobre a semelhança dos filhos com os pais, seu argumento é o de que, se na mistura houver maior quantidade do licor do pai, a criança será parecida ao pai, e ao contrário, se houver maior participação da mãe, a semelhança maior será com a mãe.

Aristóteles [384-322 a.C.], numa certa medida acompanha estas idéias epigenistas sobre a reprodução. Contudo, seu amplo sistema de pensamento estabelece que não só qualitativamente homem e mulher são diferentes, mas também pelo papel que desempenham na reprodução.

Referindo-se a suas observações, este filósofo conclui que apesar de ser necessária a participação de ambos os sexos no processo reprodutivo, o papel que cada qual desempenha é totalmente diferenciado. Argumenta que no organismo masculino reside o princípio do movimento e da geração, enquanto que no feminino, reside o princípio da matéria. O sêmen produzido pelos indivíduos machos tem como função iniciar o processo da geração, o desenvolvimento. Por outro lado, a fêmea também produz uma espécie de sêmen, que ele chama de *mênstruos*, e que tem por finalidade empreender apenas a matéria para o desenvolvimento. Assim, não há mistura do líquido do macho com o da fêmea como defendeu Hipócrates. O sêmen da fêmea é inferior ao do macho, ou seja, possui um grau inferior de vida, possui apenas a alma vegetativa, fornece a matéria prima para o desenvolvimento do novo ser, enquanto que aquele que procede do macho possui a alma sensitiva, a causa eficiente, o princípio do movimento capaz de engendrar a forma (GIORDAN, 1987 e RADL, 1988).

Com isto, o modelo aristotélico argumenta que há superioridade do macho em relação ao processo de geração de novos seres vivos, pois, se o sêmen da fêmea fosse prolífico, ela poderia engendrar sozinha, uma vez que possuiria o princípio da vida e também a matéria necessária para a nutrição e desenvolvimento do embrião, dispensando assim a participação do macho. Assim fundamentados, os aristotélicos afirmam que as fêmeas não produzem licor prolífico.

Com relação à semelhança dos filhos com os pais, inclusive à mãe, o modelo aristotélico reconhece este aspecto, inclusive porque quando ocorre, ele é diretamente

observável, contudo, nega o argumento utilizado pelo modelo de Hipócrates, e chama atenção para o fato da criança muitas vezes apresentar semelhanças com outros ancestrais, e não exclusivamente com os pais. Porém, as explicações de Aristóteles não promovem avanços na questão.

Através de argumentos desta natureza, os epigenistas entendiam que estavam respondidas as questões sobre a reprodução sexuada dos seres vivos. Contudo, vale ressaltar que estes modelos teóricos construídos pelos autores gregos estiveram pautados num paradigma segundo o qual a geração de um novo indivíduo verificava-se pela união matéria e forma. Os meandros desse processo eram explicados pelo recurso a Deus, ou seja, a geração, em última instância, era sempre o resultado de uma criação, na qual havia a intervenção direta de forças divinas, forças essas que regiam o mundo (JACOB, 1983).

Compreendo que este é um aspecto relevante a ser explicitado no trabalho pedagógico, quando da utilização de textos históricos. É importante situar o aluno quanto ao contexto em que os modelos foram construídos, quanto aos valores e os princípios que permearam a construção das teorias científicas, caso contrário, estaremos correndo o risco de que o aluno venha a banalizar os modelos mais antigos, caracterizando-os como um conhecimento incipiente, e portanto, menor. Se fizermos este reconhecimento do contexto, o aluno irá perceber que os modelos já superados, tiveram no seu tempo, o mesmo valor que têm hoje os conhecimentos paradigmáticos em qualquer área do conhecimento humano e que estes poderão em determinado espaço de tempo ser superados por novas formas de entendimento. Na prática pedagógica que desenvolvi com os licenciandos em Biologia, este componente epistemológico foi contemplado, e será relatado no capítulo IV.

A literatura histórica aponta que os modelos de Hipócrates e Aristóteles, apesar de não serem os únicos modelos epigenistas construídos na antiguidade, obtiveram certa relevância e por isso reuniram adeptos, mantendo-se paradigmáticos durante toda a Idade Média. Mesmo no início do século XVI, é possível encontrar filósofos, artistas e médicos que manifestam suas idéias epigenistas sobre a reprodução.

Contudo, problemas fundamentais sobre a geração continuaram sem solução, especialmente aqueles relacionados a aspectos não observáveis:

Em detalhes, que idéias são essas da mistura de duas sementes? Qual é especificamente o papel que cada um dos progenitores desempenha na geração de novos seres vivos? Como explicar a semelhança dos filhos aos pais, inclusive à mãe?

Neste período, o reduzido conhecimento sobre anatomia significou um entrave para que os gregos avançassem na compreensão do processo de reprodução. No próximo capítulo, será descrita a utilização feita destas questões acima no trabalho com os licenciandos, problematizando o conhecimento sobre reprodução.

Também há que se reconhecer que, na Idade Média, os intelectuais não fizeram mais do que retomar a tradição grega, especialmente o pensamento teocêntrico de Aristóteles que, por estar mais em conformidade com os preceitos religiosos, hegemônicos neste período, exerceu grande influência no conhecimento produzido nas diversas áreas, imperando inclusive no mundo ocidental por muitos séculos.

As razões que justificariam esta alegada “esterilidade” da Ciência na Idade Média são variadas. A Ciência, assim como qualquer outra atividade humana, está suscetível às influências do seu meio, ou seja, apresenta as marcas de cada período histórico. Por outro lado, é igualmente legítimo afirmar, que a ciência, enquanto atividade humana, também exerce influência sobre o meio no qual acha-se inserida. A partir desta dinâmica, a História nos mostra que a Ciência descreveu uma trajetória irregular, apresentando momentos de grandes transformações e avanços, outros, de calma e até mesmo estagnação.

Neste sentido, algumas influências foram preponderantes para o “declínio” da Ciência na Idade Média, e BERNAL esclarece que estes momentos de arrefecimento, ao se repetir na trajetória histórica, coincidiram com

“...momentos em que a organização da sociedade entrara em estagnação ou decadência, em que a produção se limitava a seguir as vias tradicionais, em que os problemas produtivos se consideravam indignos da atenção do homem douto” (1969, p. 37).

Em outros momentos, prossegue o autor,

“Quando as relações de produção estão em rápida transformação - como acontece quando uma nova classe começa a ascender a uma posição dominante - há maiores incentivos para que se aperfeiçoem os meios de produção; para que aumente a riqueza, e conseqüente poderio, da nova classe, nessas fases, a ciência é, por conseguinte, encorajada” (op. cit., p. 39).

Tendo presente esta dinâmica, é possível identificar que, na Idade Média, quando predominou o sistema de produção feudal, a agricultura de subsistência era efetuada por meio de técnicas muito rudimentares, não despertando preocupações entre os sábios, com a melhoria dos mecanismos de produção pois, o trabalho manual era considerado uma atividade menor. Neste sentido, a Ciência esteve divorciada da técnica e do “saber fazer” manual, mantendo-se voltada para uma discussão racional, para um conhecimento de cunho teórico, essencialmente dicotomizado da sua dimensão empírica.

Outro fator que compete destacar, pois prevaleceu neste período e contribuiu para a estagnação da Ciência, esteve relacionado ao domínio exercido pela Igreja Católica no âmbito político da sociedade. Neste contexto, a Ciência esteve submetida à hegemonia da Igreja, que inclusive combateu, pela ação da Inquisição, alguns modelos e teorias que contradiziam os dogmas religiosos. Predominou um longo período em que a Ciência foi tarefa exclusiva de religiosos, desenvolvendo-se estritamente em mosteiros, onde prevaleceu a tradição aristotélica.

Contudo, a partir de 1440, aproximadamente, um novo contexto passa a estruturar-se. A economia feudal vigente durante toda a Idade Média manifesta sinais de exaustão e o embrião de uma nova estrutura econômica e social começa a ser delineado. Emerge uma nova classe de comerciantes, a burguesia, e com ela, o modo de produção capitalista. Esta fase transitória ocorrida durante o período Renascentista, pautou-se em novos valores, amplamente diferenciados dos valores medievais. BERNAL assim descreve este cenário:

“... o Renascimento marca o início da valorização do trabalho manual, de forma não verificada em períodos anteriores, representado sobretudo pelo trabalho dos artesãos e artistas.

As técnicas das artes e ofícios tornaram-se mais importantes durante o Renascimento que na época clássica porque deixaram de estar nas mãos de escravos para estarem nas mãos de homens livres, e estes já não se encontravam distanciados social e economicamente dos que governavam a nova sociedade como acontecera na Idade Média” (op. cit., vol. 2, p. 381 - 383).

Além da participação de artistas e artesãos que nesse período impulsionam a valorização da atividade manual, há também a participação fundamental dos técnicos na transição do feudalismo para o capitalismo. Neste processo, a valorização do técnico caracterizou a “união entre o artífice e o estudioso.... A relação socialmente dicotomizada em outros períodos históricos entre a *techne* e a *episteme* passa então, durante o Renascimento, a se alterar com a mudança dos meios e das relações de produção” (DELIZOICOV, 1991, p. 77-78).

Neste contexto, verifica-se a aliança entre a ciência e a técnica. Os inventos e descobertas passam a ser o alvo da Ciência, uma vez que para desenvolver a indústria, a burguesia necessitava compreender as forças existentes na natureza, a fim de dominá-las e explorá-las em seu benefício. Assim, opondo-se ao saber contemplativo dos Antigos, surge uma nova postura diante do mundo, e estes novos valores passam a permear a produção do conhecimento. Este deve partir não mais das noções e princípios, mas da própria realidade observada e submetida à experimentação. A mera contemplação passa a ser questionada e novos valores para a produção científica são constituídos, como por exemplo a articulação entre a prática e a reflexão teórica. A religião, até então suporte do saber, a partir do Renascimento, enfrenta questionamentos. Ao critério de fé e de revelação, o homem moderno opõe o poder exclusivo da razão, do discernimento, da comparação. Ao dogmatismo opõe-se a possibilidade da dúvida, desenvolvendo a mentalidade crítica que leva ao questionamento. Surge uma verdadeira polêmica frente à tradição (ARANHA, 1993 e ANDERY, 1988)

Vale ressaltar que o surgimento desta nova atitude frente à construção do conhecimento científico ocorreu mediante uma verdadeira ruptura com valores e condutas herdadas do período clássico e medieval, especialmente uma ruptura com aqueles aspectos que iriam manter o controle dogmático exercido pela Igreja. Esta nova postura foi fundamental para o desenvolvimento de uma nova conduta frente à atividade científica.

Neste processo transitório, que culminou com a “Revolução Científica” e a instituição da Ciência Moderna, foi relevante a participação de expoentes como Copérnico, Kepler e Galileu que, desafiando a tradição medieval, pautaram as atividades científicas em observações sistemáticas, em dados experimentais articulados à reflexão teórica, propondo novos modelos para a compreensão do universo em que habitamos e seus fenômenos.

Com este espírito, a natureza do conhecimento foi transformada. Se até então o conhecimento esteve articulado a Deus ou à alma, a partir deste período, procura penetrar na natureza, captando e interpretando seus fenômenos. Com isto, o debate é travado entre o homem e o mundo que o cerca; estabelece-se uma nova relação entre o homem e a natureza. O protagonista neste sistema deixa de ser a vontade divina para ser a do próprio homem. A essência deixa de ser a criação da natureza para ser a compreensão do seu funcionamento. A Ciência deixa de ser concebida a partir do prisma da contemplação e adivinhação, ou seja, ingênua e supersticiosa, para tornar-se um processo de decifração, pela razão (JACOB, 1983).

Este processo de ruptura com formas anteriores de perceber e interpretar fatos e fenômenos, como também a valorização de novos procedimentos no processo de produção do conhecimento científico, se interpretado à luz da epistemologia kuhniana, caracteriza uma mudança de paradigma, onde novos valores e condutas são instituídos.

Especificamente no que concerne ao estudo dos seres vivos, a partir do Renascimento, verifica-se, mesmo que lentamente, um despreendimento das analogias e signos da Ciência Grega, para mergulhar nos princípios que vão estabelecer a Ciência Moderna. A estrutura visível dos organismos é transformada em objeto de análise e classificação.

Neste novo contexto epistemológico, o estudo do corpo humano teve a contribuição significativa do médico **Vesálio** [1514-1564] que, desafiando a proibição religiosa de dissecar cadáveres, conseguiu desenvolver um estudo mais objetivo sobre a anatomia humana. Foi o primeiro cientista a unir a prática da dissecação com a explicação, utilizando-se da importante contribuição dos artistas e artesãos deste período que, ao desenvolver os desenhos em perspectiva, contribuíram para as representações do corpo humano tanto no âmbito da anatomia como da fisiologia.

Também é oportuno destacar que, neste período, significativos avanços tecnológicos foram promovidos. Dentre eles, a construção e o aperfeiçoamento do microscópio foi de relevante importância para a Biologia, inclusive para o estudo da reprodução pois, veio abrir o mundo das coisas muito pequenas a um grande número de observadores, que rapidamente transformaram este novo universo em objeto de

especulações e promissoras discussões (BERNAL, 1969; ARANHA, 1995 e ANDERY, 1988).

No capítulo IV dissertarei sobre a maneira como esta perspectiva das rupturas e da mudança de paradigmas foi abordada na dinâmica desenvolvida com os licenciandos.

3.3 - ALGUNS MODELOS ESTRUTURADOS A PARTIR DA CIÊNCIA MODERNA

3.3.1 - AS OBSERVAÇÕES DE HARVEY

Neste novo contexto, quem primeiro reestudou a questão da reprodução dos seres vivos pelo prisma da observação foi o médico inglês **Harvey** [1578-1675]. Harvey realizou observações em corças e gamas, a partir do momento em que elas entram em cio, acompanhando todo o período de desenvolvimento embrionário destes mamíferos². A partir destas observações, não tendo reconhecido os verdadeiros ovos dos mamíferos, e nem sequer os folículos ovarianos, Harvey denominou de ovos os próprios embriões que encontrou na matriz e concluiu que os seres vivos não são oriundos do nada, pois sempre existe alguma substância material a dar-lhes origem.

Com o intuito de comprovar esta hipótese, Harvey ampliou suas observações e concluiu que os ovários, que neste período ainda são chamados de testículos, não desempenham qualquer papel no processo reprodutivo, uma vez que não detectou alteração alguma destas estruturas durante o ciclo, quer antes do acasalamento, quer depois. Assim, nas experiências que realizou, Harvey atribuiu aos ovários apenas uma função secretora de líquido lubrificante das vias genitais, refutando a hipótese de que possam produzir a semente feminina para a fecundação. Ignorou também as observações realizadas por Vesálio, Falópio e Bartholin, que afirmam ter localizado os “ovos” no ovário (CARNEIRO, 1992).

² A descrição pormenorizada destas observações poderá ser encontrada em PIVETEAU, 1954:265-268.

Sobre a semente macho, Harvey estabeleceu que ela não penetra na matriz pois, jamais conseguiu detectar ali qualquer vestígio seu.

A conclusão a que o médico inglês chegou é de que todos os animais iniciam seu desenvolvimento a partir de uma estrutura primeira que denominou “ovo”, uma espécie de massa indiferenciada que contém a vida em potencial. Nela, uma porção se constitui na matéria às custas da qual o embrião irá desenvolver-se e outra, contém o princípio vital, a essência da vida, determinando gradativamente a estrutura do novo animal. Nos organismos superiores, afirmou que nesta massa indiferenciada a parte que contém o princípio vital desenvolve-se progressivamente, exibindo uma a uma todas as partes do corpo. É o que denominou de uma forma de epigênese (RADL, 1988).

Como não detectou vestígio de esperma macho na matriz, concluiu, igualmente a Aristóteles e Acquapendente, seu mestre, que **“a matriz concebe o ovo, como o cérebro concebe as idéias, e da mesma forma que as idéias são a imagem das coisas, o feto, verdadeira idéia da matriz, deve ser parecido a seus pais”** (HARVEY apud CARNEIRO, 1992, p. 69; tradução minha).

Assim fundamentado, Harvey concluiu que o ovo é obra da matriz, produzido no ato da fecundação por uma espécie de impulso. Sobre a fecundação, caracterizou-a por uma espécie de impregnação que a semente macho produz no corpo todo da fêmea, contágio semelhante àquele que o imã comunica ao ferro, quando do seu contato. Ele afirma que é o corpo todo da fêmea que é fecundado, muito embora apenas a matriz disponha da faculdade geradora (GIORDAN, 1987 e PIVETEAU, 1954).

PIVETEAU (op. cit.) argumenta que Harvey, apesar de desenvolver seu estudo com ênfase em dados empíricos, parece ter sido guiado muito mais pelas idéias aristotélicas sobre a geração do que pelos próprios dados que observou. Vale ressaltar que neste período os estudos anatômicos ainda estavam muito atrelados aos princípios aristotélicos e os meios de investigação não haviam mudado substancialmente.

Há que se reconhecer que no modelo de Harvey reinam incertezas e obscuridades. Seu estudo não promoveu progresso significativo às questões sobre a geração, mas por outro lado, contribuiu para orientar as pesquisas sobre o desenvolvimento embrionário.

3.3.2 - EM BUSCA DO ÓVULO

Conforme descreve BUFFON (apud PIVETEAU, 1954, p. 269-271), **Malpighi** [1628-1694], professor de medicina, desenvolveu seus estudos sobre a reprodução, aproximadamente 40 anos após Harvey, e fez avançar alguns pontos da teoria da geração, colocando em questão certas idéias evocadas por Harvey. Um dos aspectos que contrargumenta é de que a cicatrícula presente nos ovos de aves que foram fecundados difere daquela presente nos ovos não fecundados, isto é, acha-se mais desenvolvida, e não como Harvey havia afirmado de que, em ambos os casos, a cicatrícula está indiferenciada. E mais, Malpighi argumenta que a semente do macho produz alterações nestes ovos, contrariando a afirmativa de Harvey de que não produz efeito algum.

Através das observações que realizou em ovos de galinha frescos que não tinham sido incubados, Malpighi parece sugerir a pré-formação ao criticar Harvey por não ter percebido em seus experimentos e observações que o ponto branco, a cicatrícula, se traduz numa bolha que contém no seu interior um embrião já formado, e que todas as partes do novo indivíduo estão nela esboçadas a partir do momento que a galinha teve comunicação com o galo, antes mesmo da incubação. Afirma, ainda, que a partir desse momento ocorre uma junção das partes orgânicas da semente fêmea, que é penetrada pelas partes orgânicas da semente macho, resultando, assim, no novo animal que prossegue desprovido de movimento até completar aproximadamente 40 horas de incubação. Segundo Malpighi, os delineamentos das partes do corpo do novo indivíduo são todos formados por primeiro, e esses só aparecem na medida em que o animal se desenvolve.

É importante perceber o quanto as observações e o raciocínio de Malpighi são contrários aos de Harvey, pois, este nada viu de formado ou esboçado nos dois primeiros dias de incubação; é apenas no terceiro dia que Harvey relata o primeiro indício do embrião, que afirma ser o coração. Aliás, se Harvey tivesse observado o que Malpighi observou, talvez não caracterizasse a fecundação como um processo de impregnação, de contágio.

Contudo, as questões referentes à geração reservam ainda muitos segredos e, neste período, é possível perceber que os principais pontos obscuros dizem respeito

fundamentalmente às sementes. Torna-se imprescindível decifrá-las melhor, identificar sua origem, conteúdo e forma de atuação. Assim, alguns aspectos necessitam ser averiguados:

**Onde são formadas as sementes? O que contém a semente de cada sexo?
Como agem no processo da geração de novos seres vivos?**

Esta problemática constituiu-se em grande desafio aos biólogos e médicos deste período, conduzindo-os a um estudo mais intenso dos aspectos anatômicos relacionados à reprodução. No trabalho com os licenciandos, embora estas questões já fossem do seu domínio, elas foram ampliadas e aprofundadas, conforme relatarei no capítulo IV, através da atividade prática que desenvolvemos, examinando a anatomia da genitália feminina e masculina.

Graaf [1641-1673], exímio anatomista, desenvolve seus estudos e observações com coelhas³ e conclui, igualmente à Harvey, que todos os animais originam-se de um ovo. Contudo, Graaf percebe diferentemente de Harvey os processos iniciais de desenvolvimento dos seres vivos. Graaf postula que esses ovos estão contidos nos testículos que ele denomina de ovários. Ele parece convencido de que estes ovos só podem se desprender após terem sido fecundados pela semente do macho. Ou seja, nunca os ovos se separam do ovário sem terem sido fecundados pelo líquido seminal do macho, ou antes, pelo espírito desse líquido. Graaf argumenta ainda que aqueles que afirmam ter visto, dois ou três dias após a cópula, ovos já grandes, se enganaram pois, segundo ele, os ovos permanecem um tempo maior no ovário, mesmo após a fecundação. Compreende que se enganaram também aqueles que afirmaram que os ovos se desprendem do ovário mesmo nas fêmeas que não tiveram contato algum com o macho. Assim, Graaf parece convencido de que os ovos nunca se separam dos ovários por outra razão, unicamente pela fecundação. Ele escreve:

“Os ovos contidos nos testículos são fecundados pela aura seminalis; esta, elevando-se do útero até os testículos pelas aberturas das trompas de Falópio, excita os ovos à fermentação necessária e modifica a substância dos testículos de maneira a provocar a expulsão dos ovos. Estes, recolhidos pelas franjas terminais das trompas, são conduzidos por essas últimas até o útero. Assim, aos ovários dos pássaros

³A descrição detalhada destas observações podem ser encontradas em PIVETEAU, 1954:271-273.

correspondem os testículos das mulheres; aos ovidutos dos pássaros correspondem as trompas..." (GRAAF apud CARNEIRO, 1992, p. 71-72; tradução minha).

Contudo, em suas observações, Graaf estava equivocado. Assim como **Sténon** e **Horne**, denominou de ovo o próprio folículo ovariano e concluiu que a fecundação se processa no ovário. Foi ele porém que denominou de ovários o que até então nas fêmeas era chamado de testículos, justificando que estes não comportam semelhanças nem pela forma, nem pela matéria que produz, para obter a mesma denominação.

Comparativamente, tanto o modelo de Malpighi quanto o de Graaf, apesar de também comportarem falhas e obscuridades, coincidem em diversos pontos, especialmente em suas observações, e ambos observaram melhor do que Harvey, aliás ambos discordam das proposições do médico inglês. Afirmam que Harvey não percebeu as alterações que ocorrem no ovário, não percebeu também as pequenas estruturas que Graaf chama de ovos, nem suspeitou que o feto poderia estar inteiramente nesse ovo. Assim, Graaf conclui que Harvey, através de suas experiências, detalhou com bastante exatidão o que ocorre durante o crescimento do feto, mas não esclareceu nada sobre o instante da fecundação ou os primeiros estágios de desenvolvimento (PIVETEAU, 1954).

Ao final do século XVII, há a interpretação de que todas as fêmeas possuem ovos e **Stenon** [1638 - 1687], ao dissecar fêmeas de diversos animais, não hesita em concluir que os ovários contém no seu interior ovos e que tanto as aves que surgem do ovo, quanto os vivíparos que saem prontos do ventre da mãe, ambos passam pelo mesmo processo. E mais, Stenon responde logo que a viviparidade resulta do desenvolvimento dos ovos no útero das fêmeas. Graaf faz ainda outra inclusão: afirma que esta mesma forma de geração é evidenciada na mulher.

Assim, os problemas passam para um outro plano e assumem uma nova dimensão:

Como se formam estes ovos? Eles podem se formar sem o coito? Eles existem em mulheres que não mantém relações sexuais? Como ocorre sua passagem pelas trompas? Estes ovos são expulsos mensalmente com a menstruação? Ou só se desprendem por ocasião do coito?

Igualmente à problematização anterior, conforme relatarei no capítulo IV, estas questões foram exploradas na prática de ensino que desenvolvi na disciplina de Fisiologia Humana, quando da realização da atividade prática, discutindo aspectos anatômicos e fisiológicos do aparelho reprodutor feminino e masculino, sendo retomadas posteriormente, quando abordamos a formação de gametas.

Neste universo de dúvidas e incertezas, **Malpighi** e seu discípulo **Vallisneri** [1661-1730], professor de medicina, realizam inúmeras observações em animais vivíparos⁴, estabelecendo que as vesículas presentes nos ovários e que Graaf chamou de ovos, na verdade não o são. Não passam de invólucros que contém os verdadeiros ovos, local onde estes são formados. Observaram que tais vesículas, que denominam de corpo amarelo, não são encontradas em todos os ovários e em qualquer tempo. Contudo, afirmam que o seu primeiro esboço sempre é visível, tendo-o constatado em jovens novilhas recém-nascidas, em vacas prenhas e em mulheres grávidas. Com isto ele conclui que este corpo amarelo não é, como afirmou Graaf, um efeito da fecundação; segundo ele, essa substância amarela produz os ovos não fecundados que saem do ovário sem que haja comunicação com o macho, e também os ovos fecundados, quando há comunicação; daí esses ovos caem nas trompas e realizam todo o processo de desenvolvimento. Com isto conclui que as vesículas que os ovários contém não são ovos, que nunca essas vesículas saem do testículo para cair na matriz e que estes “testículos” ou ovários, são como os do macho, espécie de reservatórios que contém um líquido que deve ser considerado como uma semente da fêmea, ainda imperfeita, que gradativamente se aperfeiçoa no corpo amarelo.

3.3.3 - A VISUALIZAÇÃO DO MUNDO MICROSCÓPICO

Neste mesmo período **Leeuwenhoek** [1632-1732], um comerciante holandês, um cientista amador, sem vínculos com as discussões das teorias biológicas da sua época, através das inúmeras modalidades de microscópios que construiu e aperfeiçoou, além de introduzir um novo método de observação e estudo nas Ciências, desvendou o mundo dos organismos inferiores, até então oculto aos olhos desprovidos de lentes. Dentre os microrganismos que localizou, protozoários e algas, estavam os espermatozóides, que

⁴A descrição detalhada está em PIVETEAU, 1954:274-278.

denominou de animálculos. Estes animálculos espermáticos constituíram o similar ao ovo que acreditava-se ter localizado nos “testículos” das fêmeas. Assim, ao final do século XVII, se existiam ovos nas fêmeas, haviam também animálculos nos machos.

Neste cenário, prevaleceu o desafio por conhecer melhor as sementes, o papel que cada uma desempenha na geração de novos seres vivos. Acreditou-se que este poderia ser o caminho que levaria à renúncia definitiva da tese de que na geração dos seres vivos há a intervenção de uma faculdade geradora, de forças misteriosas, o que, em última instância, havia sustentado as teorias sobre a reprodução até então formuladas.

Assim, o que passa a explicar a geração é a manutenção no tempo de uma estrutura primária. Esta não desaparece, mas ao contrário, persiste através das sementes. Ou seja, para haver continuidade da forma, a semente deverá conter o “germe” do ser que nascerá, já pré-formado, já materializado, como uma miniatura do futuro organismo, já devidamente organizado, assim como as plantas mantêm latente a vida nas suas sementes. A fecundação cumpre o papel de desencadear tão somente o desenvolvimento, de ativar o crescimento deste novo indivíduo, para que alcance as condições necessárias ao nascimento (JACOB, 1983).

Com isto, a pretensa identificação do óvulo e a visualização do espermatozóide acabaram por complexificar ainda mais o percurso, lançando as pesquisas sobre falsas pistas, instituindo uma nova teoria que se instalou por volta do final do século XVII: a teoria da **pré-formação**.

As pesquisas passam a desenvolver-se nesta nova perspectiva, e a principal questão que se coloca sobre a geração e que promove grandes controvérsias é a seguinte:

qual das duas sementes, a masculina ou a feminina contém o germe pré-formado?

Desta controvérsia emergem duas grandes correntes de pensamento: os préformistas ovistas e os préformistas animalculistas (JACOB, 1983).

No trabalho que desenvolvi com os licenciandos, conforme abordo no capítulo IV, o estudo destes modelos teóricos contribuíram e foram de fundamental importância para a

compreensão de que os conhecimentos que hoje temos sobre reprodução não foram alcançados de forma tranqüila, consensual e rápida como muitas vezes é apresentado. Aspectos hoje elementares, como o reconhecimento do óvulo e espermatozóide, bem como a forma de participação de cada um desses elementos no processo da fecundação, para aquele período, constituíram-se em grandes obstáculos que tiveram que ser superados para que fosse possível avançar.

3.3.4 - AS TEORIAS PREFORMISTAS

O primeiro desses sistemas chamado de **ovismo ou sistema dos ovos** se apoia sobre o ovo, que passa a ser o elemento central desta elaboração teórica. O ovismo ou sistema dos ovos trata de um conjunto de teorias para as quais o ovo⁵, uma elaboração do organismo materno, representa, a título exclusivo, o elemento reprodutor, ou seja, é ele somente que engendra as novas vidas. O argumento que sustenta esta teoria está baseado em reiteradas observações que relatam estar o feto já completamente formado no ovo antes mesmo da fecundação, quando este ainda se encontra no ovário.

Para este sistema de pensamento, é a mãe só que participa do processo da geração. O macho, ao qual é difícil negar a participação no processo de reprodução, tem contribuição bastante modesta; considera-se que ele intervém simplesmente por um processo estimulante, cujas formas são diversas em função dos autores. Alguns consideram que a semente macho libera uma espécie de vapor seminal ou “aura seminalis”, a qual se eleva até o ovo, exercendo sobre ele uma espécie de ativação. Assim, graças a essa ativação, o feto já pré-formado no ovo sai do seu estado de “dormência” e passa a crescer e desenvolver-se. Inúmeros pesquisadores deste período compartilharam deste sistema de pensamento e passaram a empreender seus esforços no sentido de melhor desenvolvê-lo (GIORDAN, 1987).

Vallisneri, adepto deste sistema, realizou inúmeras observações e dissecações, inclusive em mulheres, onde localizou os ovários e concluiu que a obra da geração ocorre

⁵ O termo “ovo”, aqui utilizado, não tem o mesmo significado que atualmente lhe é atribuído e refere-se à terminologia adotada pelo texto histórico consultado. Mantive-a a fim de não promover confusão quanto à nomenclatura.

nos testículos da fêmea que ele chama de ovários, embora ele nunca tenha localizado aí os ovos, tendo inclusive demonstrado que as vesículas não são ovos. Ele afirma, ainda, que não é necessário a semente macho penetrar na matriz para fecundar o ovo, mas que este sai do corpo glanduloso após ter sido fecundado pelo espírito da semente macho, no próprio ovário, cai na trompa e desce à matriz onde vai fixar-se e desenvolver-se. Assim, o espírito da semente macho atribui simplesmente o movimento ao feto que é preexistente no ovo. Com isto, conclui que no ovário da primeira mulher estavam contidos ovos, que não somente encerravam em miniatura todos os seus filhos, mas toda a raça humana. A semelhança dos filhos a seus pais vem, segundo Vallisnieri, apenas da imaginação da mãe; a força dessa imaginação é tão grande sobre o feto, que ela poderá produzir tanto distúrbios quanto semelhanças perfeitas (PIVETEAU, 1954 e GIORDAN, 1987).

Integraram-se ainda nesse modelo teórico **Malpighi**, **Graaf**, **Réaumur** e **Swammerdan**. No século XVIII, esta idéia não parou de crescer com os trabalhos metódicos de **Haller**, **Spallanzani** e **Bonnet**, que assim descreveram o processo de fecundação:

“A fecundação consiste, portanto, simplesmente no fato de que o feto, alojado no ovo, recebe uma quantidade de licor que fornece o macho, o princípio de uma vida nova. Ele o coloca em estado de se desenvolver, ele dá ao coração pré-formado do embrião uma atividade, sem a qual, ele não conseguiria superar a resistência dos sólidos”. (GIORDAN, 1987, p. 84; tradução minha).

É importante destacar que esta formulação teórica não se baseia em simples elocubrações, mas está apoiada sobre numerosos argumentos construídos a partir de observações e experiências realizadas neste período e que são difíceis de refutar no contexto dos conhecimentos da época, como é o caso da metamorfose e da partenogênese de alguns insetos (PIVETEAU, 1954 e GIORDAN, 1987).

Spallanzani [1729-1799], minerólogo e biólogo e **Réaumur** [1683-1757], físico e matemático, numa série de experiências minuciosas procuram identificar a necessidade do esperma para a fecundação. Isolando o conteúdo seminal do sapo, impedem o contato dos ovos da fêmea com os espermatozoides, e observam que estes ovos não eclodem. Assim, concluem que a fecundação não se dá por uma espécie de vapor ou “aura seminalis”, mas que é imprescindível o contato direto do sêmen com o óvulo. E mais, filtrando o líquido seminal concluem que a parte fecundante está na porção sólida do esperma. Contudo,

Spallanzani se mostra indiferente a estes resultados e como ovista convicto, fica indiferente aos novos fatos que as experiências lhe demonstraram.

Outros argumentos ainda foram utilizados pelos ovistas para fundamentar sua tese. **Malpighi** e contemporâneos distinguem no ovo, fora de qualquer incubação, as formas do futuro pinto. O galo como partícipe desta construção é desprovido de órgão para a penetração, limitando-se a regar os ovos para ativá-los. Este procedimento também é percebido nos peixes onde o macho se limita a regar os ovos já depositados pelas fêmeas no meio externo. Nas rãs, o procedimento observado é o mesmo, ou seja, o macho asperge sua semente sobre os ovos liberados pela fêmea. Assim, fica difícil compreender que a fecundação ocorra fora do corpo da fêmea; mais difícil ainda é imaginar outra localização para o germe pré-formado a não ser no ovo.

A participação do macho nesta construção torna-se inquestionável, dada a presença marcante do líquido seminal. Contudo, os ovistas afirmam que este não penetra na matriz, inclusive por que observam que ele é capaz de escorrer para fora do corpo da fêmea logo após ser depositado. Com isto afirmam os ovistas que é o que há de mais sutil, espirituoso neste líquido que se infiltra na matriz, atingindo os ovários e ali penetrando o ovo por um poro que está reservado para isto. Ou então percorre ainda outro caminho: penetra nos vasos sangüíneos da fêmea, mistura-se ao seu sangue e chega no ovário onde fecunda o ovo, mas somente após ter fecundado todo o sangue.

Vale destacar que todas estas especulações em torno da teoria preformista ovista, na realidade, pautaram-se na visualização do folículo ovariano e não do óvulo. O óvulo só foi visualizado em meados do século XIX.

Mas esta história estaria simples demais se outro conjunto de idéias não tivesse se desenvolvido paralelamente: trata-se do **animalculismo**. Com isto, toda a fecundidade é atribuída ao macho; o seu prestígio criador, que reinava desde Aristóteles e fora roubado pelos ovistas, agora retorna ao macho:

“Por que inventar nos ovos as criaturas necessárias à geração se as vemos agitarem-se no líquido seminal do macho?” (JACOB, 1983, p. 66).

A coexistência e a disputa gerada por estes modelos teóricos, foi muito oportuna na prática de ensino desenvolvida com os professorandos pois, conforme descrevo no capítulo IV, proporcionou a compreensão de que a construção do conhecimento científico é uma atividade marcada por contradições, por confronto de idéias e por descontinuidades na forma de conceber e explicar os fenômenos.

Hartsoeker [1656-1725], matemático e físico, afirmava ter observado que o animálculo espermático era portador de uma miniatura macho ou fêmea, da mesma espécie que o produziu; uma criatura diminuta, com cabeça, tronco, mãos e pés. Afirmava, ainda, que o homem não nasce de um ovo, mas deste animálculo que está na semente do macho.

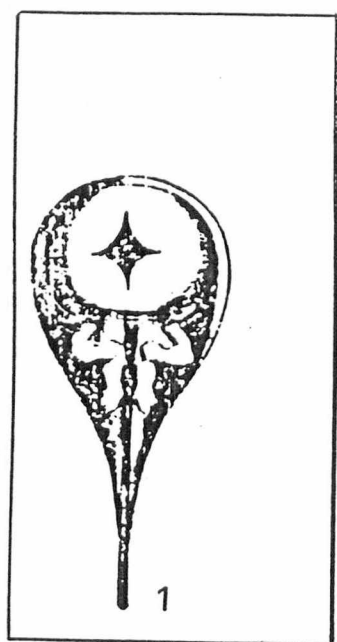


Fig. 1 - Embriões observados por **Hartsoeker** nos espermatozóides humanos (GIORDAN, 1987).

Há que se reconhecer que a hipótese de **Hartsoeker** é "fantasiosa", uma vez que o desenho do animálculo que apresenta é uma representação do que imaginou e não do que observou, pois ele mesmo afirma que o animálculo acha-se recoberto por uma pele delicada e opaca.

Tais considerações nos levam a depreender que, neste período, o poder de resolução do microscópio ainda é muito limitado. Além disto, verifica-se a grande influência que a concepção teórica exerceu, permitindo aos pesquisadores imaginar estruturas microscópicas que sustentavam o seu postulado.

Para este sistema de pensamento, a participação da fêmea restringia-se apenas a fornecer o ninho e o alimento necessário ao seu desenvolvimento. Assim, os animálculos, pelo coito, penetram na matriz, e vão ter no ovário, lugar adequado para se desenvolverem. Eles são aos milhares, no entanto, apenas um consegue penetrar no ovo, que por sua vez, também dispõe de apenas uma abertura para deixar entrar tão somente um verme espermático. Após este procedimento, a abertura se fecha impedindo a passagem de qualquer outro verme. Uma vez instalado no ovo, este ser encontrará aí o meio ideal e o alimento necessário para crescer e desenvolver-se, atingindo as condições requeridas para o nascimento. Quando o alimento disponível no ovo torna-se insuficiente, o indivíduo em formação desloca-se para a matriz, onde adere à parede interna, extraíndo do sangue da mãe a alimentação de que necessita.

Para **Leeuwenhoek, Andry** e inúmeros outros defensores do animalculismo, a descoberta dos animálculos na semente do macho comprova que eles não são simples habitantes deste líquido, dada a exuberante quantidade em que se encontram. Aliás, afirmam que não é possível encontrar nada igual nem no sangue, nem em qualquer outro líquido corporal. Com isto concluem que as fêmeas não fornecem nada igual, nada de vivo e que portanto a fecundidade pertence exclusivamente aos machos.

Um grande obstáculo aos modelos préformistas tem sido explicar a semelhança dos filhos com os pais, afinal,

“Se todos os animais de uma espécie estivessem já formados quer sob a forma de vermes, quer sob a forma de ovos, a gente observaria essas alternativas de semelhança? Se o feto fosse o verme que nada no licor seminal do pai, por que ele seria algumas vezes parecido à sua mãe? Se ele fosse apenas o ovo da mãe, o que seu rosto teria de comum com o do pai? O cavalinho já totalmente formado no ovo da égua, teria orelhas de burro por que um burro tem colocado as partes do ovo em movimento”?
(GIORDAN, 1987, p. 100-101; tradução minha).

Assim, os préformistas estão diante de grandes dificuldades e estas permaneceram como obstáculos durante um longo período.

Neste sentido, o processo da fecundação é explicado de diferentes maneiras segundo os modelos apresentados. Aos **ovistas** o feto se encontra no ovo e o encontro com o esperma lhe traz somente o movimento, uma certa estimulação necessária para desencadear o seu desenvolvimento. Aos **animalculistas**, o futuro animal já está no espermatozóide; o ovo ou a matriz lhe fornece somente um local apropriado e a comida necessária ao desenvolvimento. Para os **epigenistas**, ao contrário, a fecundação é o ponto crucial, a mistura das sementes é que provoca o desenvolvimento do feto que se organiza gradativamente (GIORDAN, 1987).

Evidentemente, este clima tornou instigantes as pesquisas, pois tais sistemas contraditórios não podiam coabitar. Cada qual foi desafiado a fazer avançar argumentos, buscando melhor apoiar suas idéias e refutar as demais.

Este clima de disputa e competição que se estabeleceu em torno dos diferentes modelos teóricos, conforme sinalizo no capítulo IV, foi muito importante no trabalho com os licenciandos, pois ao mesmo tempo em que desafiou para o estudo dos aspectos anatômicos e fisiológicos da reprodução, promoveu a integração entre elementos históricos e conhecimentos pontuais.

Se no século XVII o conhecimento ficou reduzido à estrutura visível dos seres vivos, o século XVIII constituiu-se num período rico em observações e experimentos. Inúmeros estudos utilizando o líquido espermático e os ovos foram realizados por hábeis cientistas deste período, que tornaram a geração acessível à experimentação, muito embora se tratasse de procedimentos ainda muito simples. Contudo, a necessidade da pré-formação continuou sendo muito forte e a possibilidade de outra solução ainda era inconcebível. Conforme PIVETEAU, (1954:275-286), todos os resultados foram interpretados para confirmar a existência do germe pré-formado.

Esta conduta reflete uma característica epistemológica que, segundo compreendo, deve ser explorada em uma situação pedagógica: a percepção de que na construção do conhecimento, há sempre uma perspectiva teórica que o sujeito detém e que irá orientar tanto a execução de atividades empíricas bem como as conclusões delas extraídas. Ou seja,

no processo de busca do conhecimento, o “percebido não depende apenas da realidade externa mas também de nossas teorias e conhecimentos prévios” (MOREIRA, 1993:113). Conforme registro no capítulo IV, este componente epistemológico foi explorado no trabalho pedagógico que desenvolvi com os licenciandos, e auxiliou na compreensão de que as teorias científicas não são descobertas, nem mesmo extraídas dos objetos ou fenômenos, mas construídas pela interação sujeito e objeto. A utilização que fiz da perspectiva histórica no ensino de Biologia apresentou situações que exemplificaram este princípio epistemológico, oportunizando aos licenciandos melhor compreender o caráter “**construtivo e inventivo**” do conhecimento.

A disputa pelo poder prolífico entre ovo e espermatozóide suscitaram novas observações que somaram pontos aos ovistas e também aos animalculistas. Trata-se da partenogênese observada em pulgões, estudo feito por **Bonnet**, que conclui ser impossível conceber o processo da geração fora do ovo, uma vez que este inseto mantido isolado, autonomamente deu origem a uma verdadeira família. Ou então, as observações feitas por **Leeuwenhoek** sobre a hibridação de coelhos, onde a prevalência das características do macho o leva a concluir que o feto está verdadeiramente pré-formado no espermatozóide⁶.

Este contexto não reserva espaço para inserir a epigênese; não é possível visualizar outra solução para a geração dos seres vivos fora da pré-formação. Contudo, também argumentos contrários a estes modelos são explorados, como por exemplo aqueles que envolvem o processo de regeneração: “Se cortar a perna de um caranguejo em cima, perto do corpo, ou em baixo, perto da extremidade, sempre cresce exatamente o que falta. E mais, quando a perna tiver se reconstituído, pode-se cortá-la novamente e outra se formará” (JACOB, 1983, p. 74). Como conciliar isto com a pré-formação?

Assim, o desfecho do século XVIII se dá num estranho emaranhado onde reina a controvérsia, nenhum consenso e muita insegurança sobre as supostas teorias da geração. A anatomia e fisiologia dos órgãos reprodutores masculinos e femininos ainda são conhecidos de maneira muito sumária. Inúmeras questões continuam em aberto:

⁶As observações de ambos os casos podem ser encontradas, em detalhes, em GIORDAN, 1987.

qual é a constituição e a função dos testículos macho? serão eles os produtores das sementes? ou são inúteis à reprodução? a semente do macho entra realmente na matriz? por que apenas os adultos estão aptos a produzir sementes e, portanto, a gerar? e os ovários servem para gerar? qual é a função das trompas de Falópio, que sequer alcançam os ovários? se o útero tem por função abrigar e nutrir o embrião, detalhadamente, como ele desempenha estes papéis? terá ele outra função? a imaginação materna age sobre o feto? (GIORDAN, 1987).

Historicamente, este conjunto de dúvidas comportou inúmeras respostas controvertidas que se constituíram em obstáculo a um estudo mais profundo. Embora algumas questões importantes que sinalizavam para aspectos do modelo atual já fossem conhecidas, pelo menos em suas linhas gerais, como por exemplo através dos trabalhos de **Wolff** [1733-1794], demonstrando pelo estudo do desenvolvimento embrionário do frango que os órgãos não são préformados, mas formam-se gradualmente no curso do desenvolvimento do animal, neste período, estes dados ainda são ignorados e até mesmo rejeitados pelo conjunto da comunidade científica.

Há que se reconhecer que os trabalhos científicos do século XVIII ainda não estão aptos a instituir métodos de estudo que sejam adequados para a área em questão, como também construir conceitos e definir uma linguagem que lhes sejam próprios. Assim, a persistência da teoria préformista dos germes constituiu-se numa denúncia de que ainda era impossível dar conta do problema da geração.

3.3.5 - RETOMADA DA EPIGÊNESE

Para os modelos préformistas os seres vivos eram concebidos como combinações de estruturas visíveis que a reprodução tinha por função perpetuar. Já para a segunda metade do século XVIII e início do século XIX, gradativamente a natureza do conhecimento empírico é transformada. Aquilo que se constituía em análise aparente ou comparativo aparente, e portanto superficial, cede lugar a uma análise mais profunda que

vai além das simples aparências. Passa-se a perceber as relações internas que se estabelecem entre os elementos, ou seja,

“...é no interior dos corpos que reside a possibilidade da sua existência; é a interação das partes que dá significado ao todo. A superfície de um ser é comandada pela profundidade e o visível dos órgãos pelo invisível das funções.”(JACOB, 1983, p. 81)

Desta maneira, os seres vivos passam a ser concebidos como seres organizados, e isto sugere que existe um grau muito maior de complexidade que necessita ser identificado para que se possa compreender os seres vivos, inclusive no que diz respeito à sua reprodução.

Assim, no início do século XIX, o objetivo dos naturalistas deixa de ser apenas o reconhecimento da ordem que reina entre os seres vivos para ser também o reconhecimento da ordem que reina no interior de cada organismo. E esta compreensão demanda muito mais do que dissecação, identificação e classificação; passa-se a analisar cada órgão em função do papel que desempenha no conjunto do organismo. Com esta nova conduta, a biologia do século XIX acha-se em condições de averiguar a “microrganização” dos seres vivos (op. cit.).

Neste período, num estudo específico que realizou sobre o ovário de uma cadela, buscando melhor compreender sua estrutura, **Von Baer** [1792-1876] encontra, por “acaso”, o ovo deste animal, e conclui que estes são diferentes dos que foram identificados por **Graaf**. Após, localizou ovos nos ovários de diversos outros animais e não duvidando mais do que denominou de “descoberta”, **Von Baer** assim escreveu:

“O ovo dos mamíferos, bem como de outras classes de animais, existe preformado no ovário muito tempo antes da fecundação. Nas cadelas de idade média, encontrei 30 ou 40 ovos que podiam ser avistados por um olho penetrante sem a ajuda de instrumentos de ótica, e num grande número de vesículas de Graaf, onde o olho não consegue enxergar, eu pude descobri-los pelo microscópio” (VON BAER apud CARNEIRO, 1992, p. 86; tradução minha).

Uma vez identificado o ovo, **Von Baer** avança seus estudos no sentido de compreender o processo de desenvolvimento do embrião. Neste sentido, embora seus trabalhos não tenham produzido um modelo explicativo para a fecundação, os argumentos

que formulou, a partir do que visualizou, constituíram-se num verdadeiro ataque aos modelos préformistas. Afirma não ter observado o crescimento de um pequeno ser pré-formado, mas um conjunto de complexos processos através dos quais, gradativamente, vão se formando as estruturas do novo ser. Todavia, quanto ao processo da fecundação, o conhecimento ainda é restrito. Há a necessidade de melhor conhecer os aspectos anatômicos e fisiológicos que envolvem a reprodução.

Neste período, **Prevost** e **Dumas** fazendo uma descrição anatômica dos órgãos reprodutores, sinalizaram para a necessidade do líquido espermático para a fecundação. Eles escreveram:

“Em determinada época, esses aparelhos se desenvolvem de uma maneira brusca, e atingem em pouco tempo o grau de perfeição necessário ao objetivo que tem a cumprir. O do macho produz um líquido de uma natureza particular que é colocado em reserva em cavidades apropriadas. Em muitos casos, sua presença se manifesta apenas no momento onde ele se torna útil... A fêmea, cria óvulos. São corpos particulares secretados pelos ovários, e que se compõem geralmente de uma matéria líquida, ou polposa contida num saco membranoso, de forma esférica ou alongada.

Quando esse desenvolvimento é atingido por parte dos dois seres, estes se tornam capazes de produzir um terceiro...

Isto consiste em que de uma maneira qualquer, o licor fornecido pelo macho tenha contato com o ovo produzido pela fêmea. Esse pequeno corpo se torna, desde então, suscetível de um desenvolvimento ulterior, e se transforma, desde que ele se encontra em condições corretas de nutrição, num jovem animal da mesma espécie que o pai e mãe dos quais provém” (PREVOST e DUMAS apud GIORDAN, 1987, p. 103; tradução minha).

Assim, para construir o seu modelo sobre a fecundação, Dumas e Prevost retomam observações desenvolvidas no século anterior, recombinao diferentemente estes dados e com isto dão um novo impulso ao **epigenismo**. Contudo, esta nova expressão do epigenismo não é mais baseada na mistura de dois licores pouco conhecidos. Ela fundamenta-se no encontro de dois elementos igualmente imprescindíveis à geração dos novos seres vivos: “o licor fecundante que provém dos testículos do macho e o óvulo fabricado pelo ovário da fêmea” (op. cit.).

Mas, em meados do século XIX, o consenso ainda está longe de ser atingido. Embora o epigenismo retome fôlego, apoiando-se em novos dados que ampliam o debate, as idéias pré-formistas não são totalmente superadas, inclusive mantendo adeptos

importantes. Estas divergências retomam contradições e indagações e o debate prossegue em relação a todos os pontos fundamentais da questão, como por exemplo:

detalhadamente, de que se trata a ação fecundante do esperma?

Para esta questão foram dadas inúmeras e variadas respostas, como por exemplo, que o efeito fecundante do esperma age sobre a totalidade do indivíduo fêmea, podendo agir diretamente sobre seus órgãos causando uma excitação que leva ao desenvolvimento do óvulo, ou então, agindo por uma espécie de inoculação do esperma ao sangue que irá ativar o funcionamento do ovário e conseqüentemente desenvolver o óvulo.

Há que se considerar que a peculiaridade dos espermatozóides, quanto ao movimento, constituiu-se em verdadeiro obstáculo à sua caracterização e identificação de suas funções. Houve quem os classificassem como parasitas, outros como protozoários.

Aos defensores de que os espermatozóides desempenham um papel ativo e determinante no processo da geração, inúmeras questões foram colocadas:

há ou não penetração do espermatozóide no óvulo? há um ou vários espermatozóides que intervêm? carregam eles o embrião, o “princípio fecundante”, ou fazem eles apenas propagá-lo à maneira dos “insetos, contribuindo para a fecundação dos vegetais ao disseminar o pólen”? (GIORDAN, 1987, p. 108; tradução minha).

No próximo capítulo, relato sobre a importância que esta problematização teve na prática pedagógica que desenvolvi, fomentando um estudo mais aprofundado sobre formação gamética e fecundação. Neste processo, mais uma vez estiveram em cena os aspectos da historicidade e conhecimentos pontuais sobre reprodução.

É importante perceber que mesmo após a visualização do óvulo por **Von Baer**, em 1827, ainda decorreu aproximadamente meio século até que fosse possível compreender o fenômeno da fecundação. Este é também um fator fundamental do processo de construção do conhecimento a ser refletido numa situação de ensino.

3.3.6 - A TEORIA CELULAR

Muito embora a literatura freqüentemente atribua ao século XVII a descoberta da célula, através dos trabalhos de Malpighi, Hooke e Leeuwenhoek, neste período não foi possível generalizar a estrutura visualizada e, portanto, durante todo o século XVIII, o componente elementar dos corpos vivos continuou sendo a fibra, última etapa da análise anatômica.

No século XIX, as novas relações estabelecidas entre um ser vivo e seus componentes internos, atribuem sentido às células então vislumbradas no século XVII. O interesse em reconhecê-las e compreender seu comportamento, atraiu a atenção de inúmeros pesquisadores neste período. Mais tarde, a utilização da teoria celular para compreender o processo da fecundação se faz através de um princípio há muito anunciado por Maupertuis e Buffon, o de que "...o estudo da reprodução dos seres não pode ser dissociado do estudo de sua constituição" (JACOB, 1983, p. 123).

Nesta época, o poder de resolução dos microscópios foi melhorado em muito, graças à utilização de lentes acromáticas. Estes aparatos tecnológicos, imprescindíveis à evolução das teorias biológicas, associados ao crescente rigor das observações, permitiram a **Schleiden** [1804-1881] e **Schwann** [1810-1882] acompanhar o comportamento das células, tanto no que diz respeito à sua manutenção, quanto à sua reprodução. A partir dos aspectos que observaram e especularam, foi-lhes possível formular a teoria celular estabelecendo que a célula é ao mesmo tempo a unidade de todo o ser vivo e o ponto de partida de todo o corpo organizado. Ou seja, independentemente da natureza do ser vivo, ele será composto sempre pelas mesmas unidades elementares, as células, dotadas dos principais atributos da vida: manutenção e reprodução.

Assim, com a célula, a Biologia localizou seu átomo e os inúmeros aspectos do estudo dos seres vivos foram transformados. Especificamente no que tange à reprodução, a teoria celular oportunizou pôr um ponto final ao prolongado e conturbado debate entre pré- formação e epigênese. O entendimento de que no processo de reprodução há a intervenção de uma força misteriosa, bem como, a interpretação supersticiosa sobre a transmissão das características hereditárias, herdada da Antigüidade, receberam um ataque definitivo (op. cit.).

É oportuno ressaltar que, neste período, os avanços tecnológicos da microscopia, aliados aos novos métodos de estudo e observação, auxiliaram em muito o processo de reconhecimento da célula e seus componentes, de modo que, conseqüentemente, um salto no estudo sobre a reprodução dos seres vivos fosse dado. A reprodução passa também a caracterizar-se por um processo microscópico.

Assim, a construção da teoria celular teve um significado fundamental no processo de construção do conhecimento sobre reprodução. Este aspecto ilustra muito bem uma característica do texto histórico que é oportuno refletir e enfatizar num trabalho de sala de aula. Trata-se de localizar, com clareza, no processo de construção de um conhecimento, as objeções ou os obstáculos enfrentados pelos pesquisadores para propor os modelos explicativos.

No exemplo acima, os conhecimentos restritos sobre a célula constituíram-se em obstáculos à compreensão dos fenômenos da fecundação durante longos anos. É somente a partir da compreensão de que a estrutura macroscópica dos seres vivos depende da sua organização microscópica, que foi possível dedicar atenção à compreensão da célula, construir a teoria celular e, assim, promover avanços na compreensão do processo de reprodução dos seres vivos. Esta perspectiva foi abordada na prática pedagógica que desenvolvi com os professorandos de biologia e será relatada no próximo capítulo.

Como enfatizam muito bem CARVALHO e PEREZ (1993), estas situações devem ser consideradas no trabalho de sala de aula, pois, se determinado aspecto constituiu-se em obstáculo aos pesquisadores na construção de determinado modelo teórico, é muito provável que venha a constituir-se também em obstáculo ao aluno na compreensão deste conteúdo.

Compreendo que este também é um forte motivo para a utilização da História da Ciência no ensino de Ciências/Biologia, já que poderá auxiliar na estruturação dos conteúdos, levando-nos a identificar e priorizar os aspectos que foram fundamentais na construção das teorias científicas, uma vez que promoveram transformações e, portanto, avanços.

Com relação a este uso da História da Ciência no ensino, LARANJEIRAS, tendo uma perspectiva dialógica e libertadora de conhecimento, preconizada por **Freire**, afirma que

“a História e a Filosofia da ciência desempenham no ensino... um papel estrutural na organização do conhecimento, não como simples adereço, nem como mero elemento pedagógico, mas como dimensões constitutivas deste e portanto necessárias de serem consideradas no processo de ensino aprendizagem”(1994, p.82).

É este posicionamento que também estou defendendo para o uso da História da Ciência. Deste modo, o texto que está sendo apresentado neste capítulo, conforme informei anteriormente, se constituiu em subsídio para a minha ação docente, auxiliando a estruturar a abordagem do tema **reprodução**, na disciplina de Fisiologia Humana, também objeto do próximo capítulo.

3.3.7 - DESVENDANDO A FECUNDAÇÃO

Ao final do século XIX, as questões da reprodução são retomadas com fôlego por inúmeros pesquisadores. O reconhecimento dos elementos essenciais da fecundação - óvulo e espermatozóide - e a sua constituição celular foram etapas imprescindíveis para a compreensão do processo da fecundação. Assim, em 1877, **Hertwig** [1849-1922] publica suas observações sobre o ouriço-do-mar [*Toxopneustes lividus*], que acenam para uma possível teoria da fecundação:

“... alguns minutos após ter misturado esperma aos ovos maduros, a cabeça do espermatozóide aparece na camada cortical do vitelo, cercada de uma irradiação protoplásmica e que ele se transforma num pequeno corpúsculo, que eu chamei de núcleo espermático; alguns minutos mais tarde, se constata a copulação do núcleo espermático; normalmente intervém somente um espermatozóide na fecundação... Desde esse momento eu pude expressar essa idéia de que a fecundação é baseada sobre a fusão de dois núcleos de células” (HERTWIG apud GIORDAN, 1987, p. 111; tradução minha).

Van Beneden, alguns meses mais tarde, publica que nos mamíferos o núcleo da segmentação provém da fusão de dois núcleos e conclui que os dois núcleos que estão situados na periferia do ovo provêm, parcialmente, da substância dos espermatozóides. Ele complementa ainda que um grande número de espermatozóides fusionam com a camada cortical do vitelo. Algum tempo mais tarde, **Fol** [1845-1892] faz esta questão avançar; ele descreve com precisão e detalhes a penetração de um espermatozóide no ovo dos equinodermos. A partir daí, inúmeros trabalhos demonstram que em outras classes do reino animal a fecundação ocorre essencialmente da mesma maneira.

Contudo, foi necessário retomar uma série de experimentos e observações sobre o óvulo e o espermatozóide para melhor compreender a natureza íntima destes elementos e seus processos de formação. O reconhecimento da sua constituição unicelular e a identificação clara dos elementos que os compõem aconteceu de forma lenta e gradativa.

Assim, partindo deste conjunto de trabalhos, **Hertwig** construiu e publicou o que ele mesmo denominou **uma teoria da fecundação**. Ele escreveu:

“Baseando-nos em observações que temos feito, nós podemos atualmente estabelecer uma teoria da fecundação, baseada sobre uma importante série de fatos.

Durante a fecundação, se cumprem processos morfológicos nitidamente visíveis. O mais importante e o mais essencial entre eles é a união de dois núcleos provenientes de células sexuais diferentes: o núcleo ovular e o núcleo espermático. Ocorre assim uma fusão de quantidades equivalentes de substância nuclear cromática macho e fêmea...

Os fenômenos que ocorrem durante a fecundação trazem também uma grande luz sobre a significação dos fenômenos da maturação dos produtos sexuais e particularmente sobre a divisão de redução que se realiza. A formação das duas células polares às custas do ovo não maduro e as duas divisões sucessivas, sem fase de descanso intermediário, dos espermatômeros impedem de maneira mais simples que durante a fusão dos dois núcleos que se realiza no momento da fecundação, ocorra a duplicação da massa de cromatina e do número de segmentos nucleares para a espécie animal em questão. Graças ao processo de maturação, a massa de substância cromática nuclear macho, como a massa de substância cromática nuclear fêmea, assim como o número dos segmentos nucleares dos quais cada um deles provém, se encontram reduzidos pela metade, em relação ao núcleo normal. É somente pela fecundação, que consiste na fusão dos dois núcleos, que a massa total de substância cromática nuclear e o núcleo total dos segmentos de um núcleo normal se encontram reconstituídos.

A maturação dos produtos sexuais tem portanto, o caráter de um processo preparatório ao ato da fecundação” (HERTWIG apud GIORDAN, 1987, p. 113-114; tradução minha).

Esta teoria é confirmada, e ampliada posteriormente, através dos trabalhos realizados no reino vegetal, trazendo dados que auxiliam em muito o estabelecimento de uma teoria da hereditariedade. Hertwig conclui que as substâncias fecundantes são ao mesmo tempo as detentoras das características hereditárias. Ou seja, as substâncias nucleares do óvulo transmitem ao novo indivíduo características próprias da mãe, bem como as substâncias nucleares dos espermatozóides transmitem as características específicas do pai. Compreendido este princípio, tornou-se cada vez mais real a possibilidade de explicar a semelhança dos filhos com seus pais. Assim, o núcleo, até há pouco uma estrutura quase desconhecida, constitui-se no elemento celular próprio da fecundação e da hereditariedade.

Com isto, foi possível chegar finalmente à compreensão que hoje temos sobre o processo de reprodução. Nestes termos é possível concluir que a formação de um novo ser vivo é uma “re-produção”, uma construção que se renova a cada nascimento, geração após geração. Contudo, se este processo não se evidencia pelo crescimento de um pequeno ser pré-formado, também não corresponde a uma epigênese total onde há a organização súbita da matéria até então bruta. Ou seja, independentemente da maneira pela qual os seres vivos se reproduzem, há sempre um fragmento de organismo a partir do qual se forma o novo ser vivo. Assim, a vida nasce da vida e somente dela. (JACOB, 1983).

Após muitas controvérsias e discussões, ao final do século XIX, um certo acordo parece estabelecer-se quanto aos seguintes pontos:

⇒ *“a cabeça do espermatozóide provém da nucleína da espermátide que produz o espermatozóide, a nucleína sendo considerada como a parte organizada do núcleo;*

⇒ *a cabeça do espermatozóide penetra no óvulo e resulta no pró-núcleo macho, que vai se unir com o pró-núcleo fêmea;*

⇒ *os dois pró-núcleos fusionam-se para constituir o ponto de partida do futuro ser”* (GIORDAN, 1987, p. 127 - tradução minha).

Contudo, a polêmica em torno do tema persiste e é possível localizar mesmo ao final do século, ou então em 1930, quem ainda não concorde com a penetração do espermatozóide no óvulo no momento da fecundação. Há também os que contestam a existência de um pró-núcleo macho. Porém, **Hertwig** adquire aos poucos o apoio da comunidade científica que confirma suas observações e promove avanços através de novas pesquisas.

A descoberta da natureza unicelular do óvulo e do espermatozóide, o reconhecimento das substâncias contidas e veiculadas pelo núcleo e os processos que estas células realizam durante o ciclo vital, foram de grande importância para a compreensão do papel da fecundação, do desenvolvimento embrionário e para a área que emerge a partir de então, a Genética.

Assim, o modelo construído por **Hertwig** na medida em que responde a alguns problemas, suscita outros, notadamente no plano da transmissão dos caracteres hereditários. Dentre os novos problemas propostos é possível destacar:

“a fecundação é ou não realizada unicamente pelos elementos nucleares, provenientes dos gametas que, nesse caso, constituem os únicos valores da hereditariedade? Mas então, qual é sua natureza e sua estrutura? Existe fabricação de um raro material genético?” (GIORDAN, 1987, p. 125; tradução minha).

Para estas questões, **Hertwig** sustenta que a fecundação caracteriza-se pela copulação dos núcleos. Neste sentido, o espermatozóide participa apenas na formação do núcleo do ovo. Afirma que as pesquisas tem mostrado, que no processo de formação do espermatozóide, há o desenvolvimento do núcleo da espermátide e a manutenção do material nuclear. **Hertwig** assim escreve:

“... a nucleína é a substância que não somente assegura a fecundação, mas também a transmissão dos caracteres hereditários... A fecundação não é somente um fenômeno bioquímico, mas também morfológico, na medida em que a estrutura nuclear do espermatozóide se articula com a estrutura nuclear do óvulo”. (HERTWIG apud GIORDAN, 1987, p. 125 - tradução minha)

A este sistema de pensamento, aliam-se **Strasburguer, Van Beneden, Flemming** e **Fol**, quando elaboraram, pela primeira vez, o esquema da divisão celular.

Assim, na passagem do século XIX para o século XX, a hereditariedade passou da observação e especulação teórica para a experimentação, rompendo definitivamente com as fantasias herdadas dos Antigos quanto à aquisição de características. Neste sentido, a Citologia do século XIX dedica-se sobretudo às duas partes distintas das células: o

citoplasma e o núcleo. **Weismann** [1834-1914], a partir do estudo destes dois elementos, estabelece uma diferença entre células do germe e do soma. Afirma que as células do soma formam o corpo do ser vivo e as do germe se diferenciam estrutural e funcionalmente para desempenhar as funções reprodutivas, produzindo as células germinativas. Neste sentido, conclui que as células do germe possuem certas particularidades quanto à sua formação, que lhes permitem a função de transmitir as características hereditárias. A partir destes dados, Weismann afirma que a hereditariedade se transmite por uma substância do núcleo. Esta hipótese faz com que a hereditariedade, até então ainda misteriosa, "...fica imune a qualquer fantasia local, a qualquer influência, a qualquer desejo, a qualquer incidente. Situa-se na matéria e em sua organização." (JACOB, 1983, p. 223).

Com isto, a Citologia do século XIX revela que no núcleo da célula existe uma estrutura com propriedades específicas. Enfatiza a noção de cromossomo e a compreensão de que estes são arranjados de modo a cumprir com a variação e a estabilidade das espécies. Ou seja:

"... pela constância do seu número e sua forma, a precisão de sua clivagem e da sua repartição no momento da divisão celular, a redução do seu número à metade nas células germinativas, sua função no ovo no momento da fecundação, graças à qual o filho recebe seu lote de cromossomos provenientes em partes iguais do pai e da mãe, os cromossomos tornaram-se o suporte da hereditariedade." (JACOB, 1983, p. 223)

A partir desta compreensão, os trabalhos de **Mendel**, ignorados por mais de 30 anos, foram então retomados e uma nova área do conhecimento humano passou a estruturar-se e desenvolver-se em ritmo acelerado: a *Genética*.

O impulso que a Genética recebeu desde os primórdios deste século, deve-se à importância que lhe atribui tanto a Economia, buscando aumentar o rendimento na produção e melhorar a variedade e diversidade das espécies, quanto a Biologia, buscando melhor compreender a evolução e os mecanismos que geram as variações individuais e populacionais. (JACOB, 1983).

Neste processo, os trabalhos de Mendel foram pioneiros e muitos contribuíram para elucidar questões referentes ao processo da reprodução.

3.4 - PRINCIPAIS ASPECTOS DIRETORES

Este resgate das idéias construídas historicamente sobre o tema reprodução é contundente, conforme relatarei no capítulo IV, no seu objetivo de levar o aluno a perceber que as construções científicas são sempre atividades coletivas, produzidas por grupos de pesquisadores. Permite explorar, também, que o processo da construção do conhecimento descreve uma trajetória complexa, não linear, caracterizado por idas e vindas, por avanços e retrocessos e também por rupturas com algumas formas de pensamento. Estas características, que procurei explicitar no texto, exprimem a opção epistemológica que estou defendendo neste trabalho, sobretudo para a abordagem do conteúdo numa situação de sala de aula, no ensino de Biologia.

Vale ressaltar que, tendo em vista a pluralidade no processo de construção deste conhecimento, no qual interagiram inúmeros pesquisadores, variadas técnicas de pesquisa e métodos de estudo, dando origem a inúmeros modelos explicativos, optei pela seleção de alguns aspectos que foram mais significativos no conhecimento do processo de reprodução, uma vez que o objeto desta dissertação não é a História da Ciência, mas sim o Ensino de Ciências, e neste, a contribuição que a História da Ciência tem a dar. No próximo capítulo explorarei outros pontos que envolvem a relação Ensino de Ciências, Formação de Professores e História e Filosofia da Ciência.

CAPÍTULO IV

A CONSTRUÇÃO E VIVÊNCIA DE UMA PRÁTICA DE ENSINO

4.1 - ENFRENTANDO DESAFIOS

Os pressupostos educacionais e histórico-epistemológicos delineados nos capítulos I, II e III nortearam uma intervenção realizada em sala de aula, com professores de Biologia em formação inicial. Referente aos aspectos operacionais, compete situar que a proposta foi desenvolvida com os alunos do VII semestre do curso de Ciências - Habilitação em Biologia da Universidade do Contestado - UnC, Campus de Concórdia - SC, no período letivo de fevereiro a julho de 1995. Neste capítulo, resgatarei os aspectos relevantes desta prática nas suas dimensões descritivas e analíticas.

No que tange à perspectiva educacional, o trabalho procurou contemplar os princípios de uma educação progressista e, portanto, transformadora. Pautou-se no estabelecimento de novas relações tanto com o aluno, quanto com o conhecimento a ser dinamizado. Neste sentido, a problematização constituiu-se em estratégia fundamental para uma reflexão crítica em torno do próprio conhecimento.

Em oposição à prática de ensino promovida pela educação tradicional, para a qual os conhecimentos são simplesmente narrados ou depositados, busquei através da dialogicidade, identificar os conhecimentos já trazidos pelos professorandos, para num segundo momento, problematizá-los, promovendo situações desestruturantes e que pudessem desequilibrar as certezas, na tentativa de romper com o velho e oportunizar

avanços em direção ao novo. A dinâmica desta problematização, que inclui e solicita uma participação crítica do aluno, será também objeto deste capítulo.

Pautada nestes princípios e nesta dinâmica, a presente proposta pretende contribuir para a construção de uma educação dialógica por excelência, que tem como ponto de partida os conhecimentos prévios dos alunos para, a partir da problematização destes, criar condições para avançar em direção a novos conhecimentos, conforme dissertei no capítulo I. Esta perspectiva está prevista em FREIRE (1979) quando explicita que a problematização é inseparável do ato congnovente.

A prática de ensino escolar desta educação dialógica é abordada por DELIZOICOV (1991), que fundamenta um modelo didático-pedagógico, o qual balizou as atividades por mim desenvolvidas junto com os professores de Biologia em formação.

Respalhada nesta perspectiva educacional, o conhecimento que tive a intenção de identificar, problematizar e transformar, foi a **concepção de Ciência** dos professorandos. Vale ressaltar que o entendimento dos licenciandos sobre como são produzidos os conhecimentos científicos, conforme já tive oportunidade de caracterizar, deve-se à sua formação “ambiental”, ou seja, foi desenvolvido através do ensino das disciplinas científicas no percurso escolar, quer seja a nível de primeiro, segundo ou terceiro graus.

Dou relevância a essa questão porque compreendo que ela é ponto de partida para uma mudança substancial na prática pedagógica do professor. Ou seja, o professor precisa ter claro que a maneira como compreende que o conhecimento é produzido, e pode ser apropriado pelo aluno, é um **fator determinante da sua prática**.

Neste sentido, desenvolver uma prática pedagógica que oportunize aos licenciandos identificar suas próprias concepções sobre a produção do conhecimento, problematizar este entendimento e oferecer subsídios que fundamentem um nova postura epistemológica e educacional, foi o grande desafio a que me propus.

Para viabilizar este propósito, me referenciei em uma reflexão epistemológica pós empirismo-lógico, inclusive através de uma articulação entre a História da Ciência e o ensino de Biologia, a fim de resgatar elementos capazes de subsidiar a ação docente no

planejamento e execução de um processo de ensino-aprendizagem que implique em mudanças.

No capítulo III desta dissertação, procuro contemplar esta perspectiva epistemológica ao abordar o tema reprodução a partir de aspectos do seu desenvolvimento histórico. Dissertei que o conhecimento sobre reprodução não avançou simplesmente de maneira cumulativa e linear, mas por rupturas, por mudanças de modelos, caracterizando uma trajetória dinâmica, complexa e inacabada. Neste sentido é oportuno ressaltar que não é qualquer perspectiva histórica e nem epistemológica, que ao articular-se à concepção educacional progressista, permitirá problematizar a imagem da Ciência.

Ao trabalhar com a História da Ciência no ensino de Biologia, quero destacar que, embora tenha voltado minha atenção principalmente para a concepção de Ciência que esta perspectiva poderá promover, outros aspectos podem ser explorados com esta iniciativa, conforme argumentei no capítulo II.

Acredito que é na articulação destes argumentos histórico-epistemológicos e educacionais que o ensino de Biologia poderá contribuir no processo de formação de cidadãos críticos, capazes de compreender que a sociedade também comporta uma dinâmica, passível de mudanças, e que é necessário agir no sentido de transformá-la.

O grupo que interagiu no desenvolvimento desta proposta constituiu-se de 14 licenciandos do VII semestre do curso de Ciências já mencionado. Destes alunos, 7 encontravam-se em pleno exercício em sala de aula, sendo 5 na área de Biologia e 2 em outras áreas; os demais dedicavam-se a atividades não ligadas à área educacional.

Quanto à carga horária alocada para o trabalho, foi possível situá-la em dois momentos distintos do currículo: 40 horas/aula no período destinado à Prática de Ensino em Biologia e 30 horas/aula no período destinado à disciplina de Fisiologia Humana, perfazendo um total de 70 horas/aula disponíveis para o desenvolvimento do trabalho. É oportuno ressaltar que, embora a carga horária tenha sido distribuída entre duas disciplinas distintas, ambas desenvolveram-se no mesmo semestre, tendo os mesmos alunos matriculados.

Frente aos pressupostos adotados e às condições operacionais acima explicitadas, planejei uma seqüência de atividades que, segundo minha compreensão, viabilizariam os objetivos previstos, quais sejam, os de desenvolvimento de uma prática de ensino comprometida com a problematização da visão de Ciência e ensino de Ciências dos licenciandos, contribuindo para o processo de transformação.

Estas atividades foram desenvolvidas basicamente em três momentos principais. Primeiro, envolvendo atividades que oportunizariam identificar e problematizar a concepção de Ciência dos professorandos, introduzindo elementos de uma outra concepção epistemológica. Segundo, envolvendo atividades que oportunizariam explicitar que a perspectiva educacional e a concepção de ensino de Ciências que temos também se relacionam a concepções histórico-epistemológicas e, neste sentido, transformações na prática pedagógica demandam também mudanças de compreensão epistemológica. Por último, desenvolvendo atividades que procuraram viabilizar o uso da História da Ciência no ensino de Biologia, especificamente do tema reprodução, extraíndo desta iniciativa elementos que propiciam uma compreensão sobre o processo de produção do conhecimento científico, em sintonia com posições epistemológicas pós empirismo-lógico.

Em detalhes, como foi articulada cada etapa desta proposta, os subsídios utilizados e a reflexão dela extraída, é o que passo agora a apresentar e analisar.

4.2 - UM PONTO DE PARTIDA

Embora compreenda que toda a abordagem histórica comporta determinada concepção epistemológica implícita, que pode ser explicitada, avaliei que deveria inaugurar a discussão com o grupo de professorandos de forma gradativa. Uma abordagem epistemológica sistematizada é praticamente inexistente no curso. Há a necessidade de evidenciar a sua pertinência.

Para isto, numa primeira iniciativa, na disciplina de Prática de Ensino em Biologia, procurei identificar no grupo de professorandos, o entendimento que possuíam sobre a natureza da Ciência, sobre a produção do conhecimento científico.

Enfatizo que, mesmo não tendo vivenciado uma discussão epistemológica sistematizada, os licenciandos possuem determinada concepção sobre como se alcança o conhecimento, e esta compreensão deve-se à sua **“longa formação ambiental”**, como denomina CARVALHO e PEREZ (1993, p. 26), ou seja, foi adquirida na sua trajetória enquanto alunos, transmitida pelas próprias disciplinas científicas. Este entendimento, advindo das reiteradas experiências vivenciadas, pode constituir-se num dos obstáculos a ser superado, se desejarmos uma formação que privilegie a perspectiva das transformações.

Sugeri então que os professores elencassem adjetivos que, segundo sua compreensão, melhor descreveriam a Ciência.

Com esta averiguação, tive a pretensão de identificar a concepção epistemológica predominante no grupo de professores, não simplesmente para enquadrá-los ou rotulá-los dentro de determinada perspectiva, mas, para, a partir desta caracterização, problematizá-la, isto é, suscitar dúvidas, desequilíbrios e assim introduzir, de forma sistematizada e refletida, através do processo educativo, elementos de concepções epistemológicas mais atualizadas, segundo as quais a Ciência é uma atividade humana em permanente construção. Analogamente, minha intenção era de que os professorandos chegassem à compreensão de que também o ensino de Ciência/Biologia poderia ser concebido na perspectiva da construção dos conhecimentos pelos alunos.

Destaco, aqui, a estranheza com que os alunos se depararam com a atividade proposta. Esta consumiu um tempo significativo do programa, especialmente em discussões que os alunos travaram ente si, buscando responder ao desafio proposto. A caracterização escrita demorou para acontecer e emergiu timidamente, deixando transparecer que poucas vezes pensaram sobre isso.

Sem nenhuma surpresa, pois muitas são as pesquisas publicadas que acenam para este mesmo resultado, constatei que muitos argumentos utilizados pelos professorandos para caracterizar o empreendimento científico, prendem-se à matriz empirista e positivista. Dentre os inúmeros qualificativos, surgiram aqueles que predominantemente apontam que **“um conhecimento é científico, desde que prove através de dados empíricos o que está afirmando”**; que **“a função primordial da ciência é descobrir coisas novas”**; que **“a ciência se faz por meio de um método específico e que por isso mesmo lhe permite afirmar com certeza os dados que apresenta”**.

Contudo, apesar desta predominância, também foi possível detectar outros atributos à Ciência que, embora tenham brotado de forma tímida e sem muita clareza para argumentação, revelam que em algum momento do currículo, o embrião desta discussão se fez presente. Neste sentido apontam que há uma outra face da atividade científica que a caracteriza por um **“constante processo de busca e inovação, que nem sempre a ciência age em benefício da humanidade ou em favor das questões sociais mais amplas”**, **“que ela está presente em nosso cotidiano e manifesta-se através das tecnologias que facilitam a vida da sociedade moderna”**. Caracterizaram-na ainda, como uma **“atividade desafiadora, em permanente busca, e que guarda muitas questões ainda não solucionadas”**.

A interpretação que faço é de que o entendimento que estava sendo explicitado sobre a produção do conhecimento científico, retrata a ausência de uma reflexão filosófico-epistemológica sistematizada no curso de formação. Embora haja um esforço muito grande no sentido de melhor compreender a produção científica, percebo que prevalece o entendimento perpassado pelo ensino tradicional, para o qual a atividade científica sustenta-se nos pilares do empirismo. Ou seja, há a supremacia da atividade prática, a busca no objeto, a captura, exclusivamente através da experiência sensível, de um conhecimento que está lá, pronto, acabado, verdadeiro e absoluto, bastando tão somente desnudá-lo. Neste sentido, a compreensão predominante é de que o conhecimento é alcançado, ou melhor dizendo, “descoberto” através da aplicação “correta do método científico”, que é objetivo, rigoroso e portanto, oferece resultados seguros, infalíveis.

Pesquisas recentemente divulgadas, (BORGES, 1991; BECKER, 1993; SCHNETZLER, 1994; PRAIA et al., 1994 e OLIVEIRA, 1993), apontam que esta concepção é predominante entre os professores de Ciências, tanto do primeiro, quanto do segundo e terceiro graus, achando-se enraizada nas suas próprias práticas pedagógicas.

Para DELIZOICOV (1995), estes dados são reveladores de uma realidade que está posta. Segundo o autor, mesmo não havendo um tratamento explícito e sistemático dos aspectos epistemológicos nos cursos de formação, uma visão histórico-epistemológica é transmitida durante o ensino, nas várias disciplinas. Ou seja, mesmo de forma tácita,

através do “currículo oculto”⁷, os cursos de formação acabam por transmitir determinadas concepções sobre a produção do conhecimento, e também sobre o processo ensino-aprendizagem, os quais estão presentes não apenas nas práticas e discursos dos professores, mas também no material didático de um modo geral. Dito de outra forma, a imagem que os professores têm da Ciência e do ensino de Ciências, dependem em boa medida do que lhes foi e é proporcionado através dos cursos de formação, pelos próprios professores de Ciências, seja através de dizeres, de fazeres ou dos materiais didáticos utilizados, em especial os livros didáticos, que também estão eivados de determinada concepção.

Neste sentido, a postura epistemológica dos professores procede de comportamentos reiterados que vivenciaram no seu processo de formação, geralmente comportamentos ou condutas assumidas de maneira irrefletida e por isso mesmo concebidas como corretas, naturais, até mesmo óbvias. Por consequência, tais condutas são reproduzidas e se fazem sentir nos distintos momentos do processo pedagógico empreendido por estes professores, quando da sua atuação, como por exemplo na maneira como introduzem conceitos novos, na forma como dinamizam as aulas de laboratório, na proposição de problemas aos alunos, etc. (SANDOVAL e CUDMANI, 1993).

Desta maneira, se o professor compreende que a Ciência produz conhecimentos verdadeiros, absolutos, definitivos e irrefutáveis, estará pré-disposto a compreender também, que estes devem ser transmitidos, repassados, apresentados aos alunos, que por sua vez seriam nesta concepção seres passivos, “tábulas rasas”, meros receptáculos de verdades. Neste processo, o livro didático tem sido um instrumento imprescindível, uma vez que nele repousa o infalível. E mais, se para esta vertente epistemológica os conhecimentos são descobertos através da correta aplicação do método científico, ao ensino de Ciências cabe orientar os alunos quanto a forma correta de observar para que adquiram conhecimentos científicos. Daí, a ênfase que o ensino por transmissão de conhecimentos dá ao uso didático do “método científico” e da experimentação: seu caráter é unicamente comprobatório das teorias já anunciadas.

Por outro lado, se o professor compreende que os conhecimentos científicos são construções humanas provisórias, sujeitas a reconstruções e reformulações, e que portanto

⁷Termo utilizado por Apple (1982) e Giroux (1986) para definir valores implícitos, formas de ver e interpretar o mundo.

avançam no tempo, sempre levando em conta o conhecimento já existente, terá aumentada a possibilidade de desenvolver uma atitude frente ao processo didático-pedagógico, que parte do pressuposto que o aluno (re)constrói ativamente o seu conhecimento, a partir do conhecimento que já detém ao chegar na escola. Ou seja, o sujeito aprendiz é concebido como um ser atuante, ativo e portador de conhecimentos. Neste sentido, o professor será o mediador entre o conhecimento do aluno e o conhecimento científico, pautando a ação pedagógica numa perspectiva crítica, buscando o desenvolvimento de habilidades para pensar; questionar, argumentar, criar, enfim, para aprender. Há uma valorização dos papéis do professor e do aluno neste processo, juntamente com o desenvolvimento de habilidades, atitudes e valores.

Contudo, para que os professores atuem nesta perspectiva, alicerçada por uma concepção mais atual e crítica sobre a natureza do conhecimento científico, terão que ser também formados nesta mesma vertente filosófico-epistemológica. Quanto a isso, SANTOS escreve:

“Numerosas pesquisas têm demonstrado que as concepções do professor sobre o que é a Ciência influenciam não só o que ele ensina mas também como ensina, não só o desenvolvimento de estratégias de ensino mas também a imagem que o aluno adquire (readquire) da Ciência e dos cientistas. Ora, se é a Filosofia da Ciência que dá a conhecer aos professores a Ciência que eles ensinam, influenciando toda a sua prática, há que valorizar a dimensão epistemológica na formação dos professores” (1991, p. 38).

Convicta deste pressuposto é que optei por contemplar uma reflexão epistemológica sistematizada junto ao grupo de professorandos. Ao propiciar este momento, procurei atuar numa perspectiva de transformação, problematizando a compreensão de ciência que detinham *a priori* e oferecendo subsídios que oportunizasse redimensioná-la.

Neste sentido, procurando fundamentar uma reflexão crítica acerca das próprias concepções dos professores sobre a natureza do conhecimento científico, para posteriormente identificar com mais clareza as relações existentes entre concepções epistemológicas e enfoques pedagógicos, procedemos à leitura e discussão dos três primeiros capítulos do livro **O que é ciência afinal?** de CHALMERS (1982, p. 23-62): **“Indutivismo: ciência como conhecimento derivado dos dados da experiência”**, **“O problema da indução”** e **“A dependência que a observação tem da teoria”**, onde está

registrada uma crítica ao indutivismo enquanto processo de construção do conhecimento científico. Necessitávamos explicitar os limites da perspectiva epistemológica empirista, encontrando razões para questionar esta conduta no ensino de Ciências.

Nestes textos, o autor denomina de “indutivismo ingênuo” o entendimento de que a observação rigorosa e neutra constitui-se no procedimento essencial para a produção do conhecimento científico e explicita argumentos que demonstram os limites da atitude indutivista. Assim, afirma que a Ciência não começa com a observação, por que algum tipo de teoria a precede, bem como a observação não se constitui em base completamente segura para as construções científicas, por que está sujeita a inúmeros determinantes. Com isto o autor não está excluindo a observação do rol de procedimentos utilizados para a produção do conhecimento científico, apenas ressalta que o papel que lhe atribuem os indutivistas não a sustenta.

Argumenta que o conhecimento prévio, a imaginação da mente humana, a formação cultural do pesquisador, seus princípios e valores, são aspectos que em muito determinam a observação que faz. Assim, não existe observação neutra, como também não existe observador livre de preconceitos e despojado de valores. A observação é uma consequência da teoria que a orienta.

Nesta perspectiva, as teorias científicas já não são dadas mas construídas, aperfeiçoadas, transformadas, remodeladas e, portanto, provisórias. Ou seja, os conhecimentos científicos aceitos hoje, poderão amanhã ser ultrapassados, superados. Por outro lado, a atividade do cientista já não é concebida como objetiva e neutra, mas caracteriza-se por uma ação humana previamente orientada por teorias ou modelos explicativos, marcada pela criatividade, pela imaginação, pela intuição, por crenças e valores próprios de cada época.

Toda esta caracterização ressoou nos alunos como uma perspectiva absolutamente nova e virtualmente diferente do que estão acostumados a vivenciar em sala de aula, quer na condição de alunos, quer na condição de professores.

Argumentam que de um modo geral, a Biologia que aprenderam e que estão aprendendo, apregoa, inclusive através das práticas pedagógicas que promove, um ensino calcado em posições epistemológicas indutivistas e empiristas, alvo das críticas de

Chalmers. Citam que este entendimento está arraigado no curso que freqüentam, a ponto de determinadas disciplinas basearem o conteúdo de um semestre inteiro na chamada “técnica da redescoberta”, valorizando a prática como fonte do conhecimento e da verdadeira aprendizagem. A partir desta prática de ensino, dizem ser orientados a conceber as teorias ou conceitos biológicos como derivados da observação e, portanto, conteúdos verdadeiros, definitivos. Reconhecem que esta conduta epistemológica e educacional é, por consequência, reproduzida no primeiro ou segundo grau, através das suas próprias práticas pedagógicas, e que ao fazer isso, alimentam a expectativa de estar promovendo um ensino eficaz e inovador.

Avaliei que esta percepção que os professorandos tiveram do seu próprio processo representou a possibilidade de uma ruptura com a concepção de Ciência e ensino de Ciência de que são portadores, pois como afirma PEREZ (apud SCHNETZLER, 1994), o primeiro estímulo para aprender é tomar consciência dos nossos próprios limites.

Avançando nesta reflexão, a leitura do texto **Ciência(s) e método(s) científico(s)** de DELIZOICOV e ANGOTTI (1992, p. 33-41) também contribuiu para que analisássemos com olhos críticos o conhecimento científico e a dinâmica de sua produção. Aspectos epistemológicos fundamentais puderam ser refletidos a partir do texto, como por exemplo, a compreensão de que o conhecimento científico é uma construção humana, coletiva, marcada pela provisoriedade das teorias ou modelos que anuncia. Abordamos a concepção segundo a qual os modelos são construções, representações ou imagens construídas pelos cientistas sobre o comportamento da natureza. Que estes modelos são renováveis, caracterizando a evolução da ciência, não por adição de conhecimentos cada vez mais precisos, mas por descontinuidades onde, cada solução proposta sugere novos problemas, suscita novos interesses e que, portanto, o conhecimento científico evolui sempre. E mais, as descontinuidades geralmente são marcadas por mudanças na forma de dirigir a atividade científica, de ver e interpretar o mundo, pautando-se em novos valores e crenças, conforme alerta KUHN (1975).

Para melhor ilustrar estes aspectos epistemológicos e aguçar o debate, assistimos ao filme **Giordano Bruno**⁸, que retrata uma passagem do século XVI em que há a disputa entre duas concepções de mundo muito distintas. Uma, defendida pela Igreja, pautada em

⁸ Dirigido por Giuliano Montaldo, Itália, 1973, 123 min.

princípios fundamentados em textos bíblicos e nas obras de grandes pensadores da antigüidade, como por exemplo Aristóteles. Vigora nesta concepção o princípio da autoridade, da aceitação cega das afirmações feitas há muitos séculos, impedindo qualquer possibilidade de questionamento e inovação. A outra, apregoada por Giordano Bruno, pautada na análise crítica, no questionamento, na dúvida, colocando em cheque os aspectos dogmáticos da concepção anterior, até então paradigmática. Para a época, valores tão diversos não poderiam coexistir.

Na perspectiva kuhniana foi-nos possível interpretar a situação apresentada pelo filme, como a crise de um “paradigma”. Ou seja, o paradigma que vigorava manifestou sinais de exaustão, deteriorando-se. No seio desta crise, foi possível identificar a emergência de uma nova maneira de interpretar os dados da natureza a partir de novos pressupostos, de novos valores, caracterizando assim o surgimento de um novo “paradigma”, que culminou com o surgimento da Ciência Moderna.

Neste sentido, tendo em vista as dimensões do trabalho que estávamos desenvolvendo, o filme teve o importante papel de ilustrar, através de situações extraídas da História da Ciência, aspectos epistemológicos que estavam balizando nosso esforço no sentido de problematizar a concepção de ciência dos professores, como por exemplo, a compreensão, explícita no filme, de que os modelos teóricos construídos têm um limite de validade, podendo ser superados, e que esta superação geralmente caracteriza-se por descontinuidades, por rupturas com formas de pensamento até então predominantes.

Esta verdadeira “mutação” a ser promovida na concepção epistemológica dos licenciandos poderá contribuir para uma transformação na concepção de ensino de Ciências/Biologia, seja a nível de conteúdos ou de metodologias. A escola tem sido a grande disseminadora de uma visão de ciência mitificada. Compreendo que é preciso atuarmos nesta perspectiva de transformação, tanto na formação inicial, quanto na formação continuada. É fundamental a discussão e exame do processo de produção científica como um “conteúdo” do curso de Formação de Professores.

Desta forma, encerramos o primeiro bloco de atividades que envolveu 20 horas/aula do programa, durante as quais foi possível identificar o perfil epistemológico de que os licenciandos eram portadores, pela caracterização da ciência que fizeram num primeiro momento. As leituras e discussões que se seguiram, oportunizaram explicitar algumas

contradições, localizar limites e, assim, introduzir um novo entendimento, distinto daquele que possuíam. Esta nova compreensão será aprofundada através dos subsídios e atividades eleitas para os próximos dois blocos, onde explicitarei também o posicionamento que os licenciandos estavam tendo em função das atividades desenvolvidas.

4.3 - ARTICULANDO ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS E PEDAGÓGICOS

Sem distanciar-me do viés educacional e epistemológico já explicitados, planejei um segundo núcleo de atividades, agora buscando aproximações ou pontos de contato entre concepção epistemológica e práticas pedagógicas. Parti do pressuposto da mútua interferência entre a concepção epistemológica destes professores e a respectiva visão sobre o ensino de Ciências/Biologia que estavam tendo. Minha meta foi a partir da problematização da primeira, abordar as implicações para com o ensino, acenando para as necessárias mudanças envolvidas no processo didático-pedagógico.

A escola tem sido a grande disseminadora de uma visão mitificada da Ciência. Geralmente os conhecimentos científicos são apresentados aos alunos como factuais, definitivos, conclusivos e inquestionáveis, principalmente porque foram obtidos por indivíduos geniais, cuja conduta é inquestionável e por processos igualmente infalíveis e seguros, ou seja, através do método experimental empirista-indutivo, que se traduz nos passos do chamado método científico, vivenciado através das 'famosas' e bem intencionadas atividades experimentais. Era esta concepção de ensino de Ciências, tão arraigada nos licenciandos, que precisava ser problematizada e analisada a partir da nova perspectiva epistemológica que estava sendo trabalhada.

Neste sentido, com o intuito de subsidiar uma reflexão e problematização destas práticas pedagógicas, desenvolvi atividades com os licenciandos a partir dos seguintes textos: **A experimentação no ensino de ciências** de DELIZOICOV e ANGOTTI (1992, p. 22-23); **Questões de método: experimentos** de SONSINI E CASTILHO (1991, p. 64) e **Sobre o ensino do método científico** de MOREIRA e OSTERMANN (1993, p. 108-117), que contribuíram com elementos fundamentais para que fosse possível questionar a forma como as atividades experimentais estão sendo utilizadas no ensino de Ciências/Biologia.

O debate oportunizou a percepção de que há longos anos o ensino de Ciências e Biologia tem assumido como função primordial orientar os alunos para trabalhar com o chamado método científico. Aliás, este tem sido o objetivo primeiro encontrado em muitos programas de ensino de Ciências/Biologia e também nos planejamentos sugeridos pelos próprios livros didáticos.

Contudo, orientar os alunos a trabalhar cientificamente, quando é feito nas aulas de Ciências e Biologia, tem se resumido em propor aos alunos para que sigam procedimentos que se caracterizam pela aplicação invariável de uma seqüência de etapas rígidas que iniciam com a observação criteriosa e culminam com o enunciado das teorias científicas. Assim, este ensino fomenta a concepção de que a partir da observação e utilizando a indução, se chega à “descoberta” de um conhecimento confiável, verdadeiro e definitivo. Esta compreensão, conforme havíamos discutido no primeiro bloco de atividades, já estava sendo questionada. As perspectivas epistemológicas relativas às discussões realizadas e aquela que embasa a prática de ensino dominante são incompatíveis. Foi este o aspecto fundamental da problematização que fiz com os licenciandos. Procurei ressaltar que, enquanto estratégia metodológica para a produção do conhecimento, a experimentação constitui-se numa das etapas do processo, contudo, a discussão epistemológica contemporânea argumenta que não podemos reduzir o processo de produção científica à observação e manejo de dados empíricos.

Por outro lado, enquanto recurso didático, identificamos que a experimentação é muito mais do que o cumprimento rigoroso de algumas etapas na captura de dados que possam ilustrar ou comprovar o que já foi anunciado pelo professor em sala de aula, a título de verdades infalíveis e definitivas. Quando explorada oportunamente e de maneira adequada, a experimentação poderá constituir-se num momento de aprendizagem muito fecundo, pois dá ao aluno a oportunidade de pensar, ensina-o a pensar, argumentar, explicitar suas curiosidades e entendimentos, perceber os limites do entendimento que possui e a necessidade de que este seja remodelado; propicia o desenvolvimento de um ensino crítico, dinâmico, participativo e dialógico, constituindo-se numa excelente oportunidade para familiarizar o aluno com as características do trabalho científico. Contudo, é fundamental que o professor perceba que a experimentação utilizada em sala de aula tem fins pedagógicos e portanto será utilizada para **aprender ciências** e não para produzir conhecimentos científicos.

Na seqüência, procurando articular os aspectos epistemológicos e pedagógicos analisados em uma situação efetiva de ensino, propus aos licenciandos o desenvolvimento da atividade prevista em DELIZOICOV E ANGOTTI (1992, p. 78-85): **combustão: uma abordagem metodológica**.

Esta atividade contempla diferentes modelos construídos historicamente para explicar o fenômeno da combustão. Por outro lado, abordei o tema a partir da dinâmica dos **três momentos pedagógicos** (op. cit., 52), e nesta perspectiva, utilizei a experimentação como uma situação capaz de oportunizar principalmente a identificação e a problematização do conhecimento trazido pelo aluno, evidenciando seus limites e a necessidade de avançar.

A primeira parte do trabalho envolveu a confecção de uma balança com material alternativo. A partir disso, desenvolvemos a parte experimental propriamente dita, que oportunizou o primeiro momento pedagógico, qual seja, a **problematização inicial**. Neste, os alunos foram solicitados a prever o comportamento da balança ao colocarmos equivalente quantidade de papel nos dois pratos e provocar a queima do conteúdo de apenas um deles. Repetimos o questionamento para a utilização de vela e depois bombril, no lugar do papel.

Neste momento os licenciandos tiveram a oportunidade de explicitar suas hipóteses para explicar o fenômeno que iríamos provocar. Realizamos a queima dos materiais. Os alunos acompanharam tudo atentamente e então, foram solicitados a explicar o fenômeno observado, esclarecendo por que a balança se comportou de maneira diferente a partir da diversificação do material queimado. Com esta conduta, que oportunizou aos alunos propor e testar suas hipóteses, tive o propósito de identificar e problematizar o conhecimento que detinham sobre o fenômeno da combustão, além de motivá-los para o estudo do tema.

Partimos, então, para o segundo momento pedagógico: a **organização do conhecimento**, que prevê o estudo sistemático do tema problematizado a partir de referenciais que propiciem ao aluno perceber a necessidade do conhecimento científico para melhor explicar o fenômeno. O texto estudado (BELTRAN apud DELIZOICOV, 1992, p. 78-84) foi construído numa perspectiva histórica e contempla diferentes formas de compreensão da combustão construídas ao longo do tempo, propiciando o entendimento de que o conhecimento é provisório, mutável e histórico.

Finalizamos a atividade com a **aplicação do conhecimento**, que prevê a utilização dos conhecimentos que pretensamente estavam sendo incorporados pelos licenciandos, para explicar situações novas. Para isto foram utilizadas as questões propostas ao final do texto, as quais culminaram com uma instigante discussão.

A partir desta atividade foi possível retomar a reflexão sobre o uso da experimentação nas aulas de Ciências/Biologia. Tendo os professores vivenciado a utilização da atividade experimental na perspectiva de um ensino dialógico e problematizador, reconheceram-na enquanto um recurso didático fundamental ao ensino de Ciências/Biologia, que oportuniza o aluno agir integralmente pensando, experimentando, errando, refazendo, propondo hipóteses, discutindo-as, tornando-se sujeito no processo de aprendizagem, podendo explicitar o seu entendimento sobre o assunto, argumentando, percebendo a consistência ou não do entendimento que detém e a importância do conhecimento científico.

Isto realçou nos professores um dos pressupostos fundamentais da educação progressista: o de que o aluno não é uma cabeça vazia, uma mente em branco sobre a qual temos a função de imprimir conhecimentos. Mostrou, sim, que o aluno detém conhecimentos ao chegar na escola, que estes conhecimentos foram construídos de forma significativa no seu dia a dia e que, portanto, necessitam ser identificados, problematizados, para que seja possível romper com este entendimento comum e avançar em direção a novos conhecimentos. Nas palavras dos próprios licenciandos:

“Geralmente nas aulas, não só as que ministro, mas também nas que fui aluno, aqui mesmo na Universidade, o que percebo é que primeiro é feita toda a exposição do conteúdo e somente depois é que vamos à experimentação para comprovar o que foi falado, ou o que o livro traz. Neste sentido, a aula prática tem um significado totalmente diferente do que pudemos ver hoje aqui, através da “prática da palhinha” (Nelsinho).

“Achei fundamental a atividade que desenvolvemos e aí eu pergunto, será isto trabalhar o construtivismo em sala de aula? Temos ouvido falar durante o curso que devemos trabalhar na proposta construtivista, mas como fazer? O que percebo é que o trabalho desenvolvido nesta aula nos deu a oportunidade de realmente construir um entendimento sobre a combustão. A experiência

realizada nos permitiu formular nossas próprias hipóteses, valorizar nossas dúvidas, testar os conhecimentos que tínhamos e também, estimulou muito a nossa curiosidade, pois a professora não deu resposta prontas, tivemos que buscar” (Jair).

Para complementar este bloco de atividades que procurou aproximar aspectos epistemológicos e pedagógicos do ensino de Biologia, desenvolvemos uma discussão e reflexão sobre o livro didático, através do que denominamos de **Oficina do livro didático**. Pretendíamos examinar a sua influência na concepção de ensino de Ciências que estávamos questionando. Relembro que estas atividades estavam sendo executadas no âmbito da disciplina de Prática de Ensino em Biologia.

Assim, fazendo uma articulação com o que até então havíamos discutido, analisamos com os alunos fragmentos de um livro didático de Ciências muito usado, principalmente nas escolas públicas do nosso estado. O capítulo analisado trata sobre programas de saúde. Os critérios utilizados para esta apreciação foram extraídos basicamente do instrumento de análise utilizado para a avaliação dos livros didáticos de Ciências proposta pela FAE/MEC (1994). Neste sentido, procuramos contemplar especialmente aqueles critérios que pudessem extrair do texto didático a concepção de Ciência veiculada, a pertinência e correção dos conteúdos apresentados e a perspectiva educacional implícita.

Através deste exercício, os professorandos puderam desvelar situações tácitas e até mesmo explícitas ao texto didático que, conforme seus próprios depoimentos, em outros momentos, apresentavam-se como situações absolutamente “naturais”, não despertando sua atenção para o questionamento ou a reflexão crítica.

Este fator revela a importância do referencial teórico-epistemológico na formação dos professores, instrumentalizando-os para decifrar aspectos fundamentais do processo pedagógico, como por exemplo, a avaliação do conteúdo apresentado pelos livros didáticos, a fim de que estes não sejam consumidos acriticamente e muitas vezes reproduzidos de forma incorreta.

Referente à visão de Ciência veiculada pelo livro didático alvo de nossa atenção, os licenciandos chegaram à conclusão que é apresentada aos alunos de forma mitificada,

caracterizada como uma atividade excepcional, neutra, desinteressada, desenvolvida de forma “asséptica”, sem vínculos com quaisquer outros determinantes sociais. Quanto à imagem dos pesquisadores, caracteriza-os como indivíduos igualmente especiais, distintos da maioria das pessoas pela sua inteligência suprema, e por isto mesmo atípicos apresentando comportamentos muito próprios. Por sua vez, os procedimentos utilizados para a obtenção do conhecimento científico, o entendimento perpassado pelo livro didático é de que ele é descoberto, e uma vez dado, está pronto, acabado; é um conhecimento sem antecedentes históricos e que também não reserva possibilidades de novos avanços. Nas palavras de um licenciando:

“... a ciência apresentada é totalmente mitificada; passa o entendimento de que os conhecimentos são descobertos repentinamente por grandes personalidades, sem considerar o conhecimento existente anteriormente... Será que o personagem não extraiu nada do trabalho de outros que o antecederam? Ele revelou tudo sozinho? Os livros chegam a dedicar quase páginas inteiras às fotos destas personalidades, dando ênfase à sua exclusividade...” (Nelsinho).

Com relação à qualidade dos conteúdos apresentados, no caso analisado, especificamente a questão da saúde, foram detectados equívocos de diferentes ordens. Por exemplo, há momentos em que o texto se atém longamente a aspectos secundários do tema, relegando outros que são preponderantes. Em outras situações observadas, as analogias utilizadas são pouco apropriadas, confundindo o entendimento do aluno, ao invés de elucidar. Deixa implícito também alguns preconceitos quanto a determinadas doenças ou então incute temores infundados e manifesta entendimentos parciais, como por exemplo quando trata de bactérias. Neste assunto, é enfático nos aspectos prejudiciais que causam à saúde humana, sem contudo mencionar que há casos em que estes indivíduos são úteis ao ser humano, com o qual convivem harmoniosamente.

Os desenhos presentes no texto manifestam deficiências tanto com relação aos aspectos específicos que desejam ilustrar, quanto à sua qualidade. Em algumas situações deixam implícitos preconceitos, em outras, apresentam dimensões totalmente desproporcionais, contribuindo para confundir ao invés de elucidar.

Enriquecendo esta discussão, uma licencianda atuante no primeiro e segundo graus relata que nos livros que já teve a oportunidade de utilizar, a experimentação é sugerida

como uma atividade comprobatória e terminal. Ou seja, primeiro o professor desenvolve aspectos da teoria, aí, quando o aluno já sabe o que vai acontecer, sugere a atividade experimental, com o fim exclusivo de enfatizar ao aluno que o que foi afirmado está correto. Ela diz:

“... o pior disso tudo, além da atividade ter pouco valor educacional, é que na experiência tem que acontecer o que foi previsto, porque neste contexto não existem imprevistos... e aí, se a experiência não dá certo por qualquer motivo, os alunos questionam a capacidade do professor ou então entendem que o experimento não funcionou como deveria; jamais é colocada em questão a informação do livro”. (Adriana)

Outra licencianda socializa a experiência que teve, ela relata:

“... é, há uma dificuldade muito grande em admitir a possibilidade do livro conter erros, afinal, ele sempre foi o nosso guia e acho que os alunos também o tem assim. Eu quero citar uma situação que ocorreu comigo. Numa aula com a sexta série, os alunos trouxeram minhocas para que observássemos a constituição morfológica externa, com o auxílio de lupas... Então, localizamos os anéis, a boca o ânus, o clitelo, etc. Feito isto, alguns alunos foram ao livro didático comparar a minhoca estudada com a ilustração do livro. E eis que o livro didático apontava a boca no lugar do ânus e vice-versa. Foi então que um aluno percebeu rapidamente estas diferenças do desenho em relação à minhoca estudada e com ar de espanto questionou: professora! pode o livro estar errado? ou é a minhoca que está errada?... A resistência dos alunos foi muito grande em aceitar que o livro didático poderia ser portador de erros. Isto demonstra a autoridade que o livro tem, não somente perante os professores, mas também perante os alunos”. (Simone).

Com relação à perspectiva educacional implícita no texto didático analisado, constatamos que se pauta na transmissão-recepção de conhecimentos. Em primeiro lugar, pela maneira como apresenta os conteúdos e orienta as atividades, o aluno é considerado perante o texto, exclusivamente como um receptáculo passivo e acrítico de conteúdos científicos prontos, acabados e inquestionáveis. Não há lugar para questionamentos, para a

dúvida, para a reflexão. A discussão em torno do livro didático foi assim concluída pelos professorandos:

“... percebo que está implícito no livro didático o tipo de cidadão que quer formar, um cidadão alienado, passivo, que não sabe pensar, refletir, questionar, participar...”(Jair)

“... há excesso de teoria, as afirmações, os conceitos vêm prontos, com exemplos e exercícios repetitivos, memorísticos... percebo muito mais a preocupação com a quantidade do que com a qualidade...”(Nelsinho)

“Também o professor fica excluído deste processo por que o livro não oportuniza que reflita sobre a melhor maneira de ensinar o conteúdo, ele é uma tentação para o professor, porque traz tudo pronto: planejamentos, exercícios, provas, inclusive com as respostas... o professor é só um repassador...” (Cristine)

“...o livro não dá ao aluno a oportunidade de trazer para a sala de aula o que ele já sabe...” (Nelsinho)

“Os livros didáticos representam um custo muito grande para a sociedade e no entanto é tratado com tanto descaso... por exemplo, a questão da qualidade do livro, parece não haver muito controle, em certos casos parece que os livros, sequer são revisados atentamente antes da impressão e distribuição...” (Levino)

“... será que os livros não deveriam ser analisados por professores antes de ser impressos? Me parece que o que falta é compromisso com uma educação de qualidade...” (Nelsinho)

Na medida em que os licenciandos foram percebendo estas fragilidades do livro didático e se conscientizando de que ao mesmo tempo em que apresenta sérios limites, constitui-se no apoio didático principal do seu cotidiano, foi surgindo um clima de desconforto, pode-se dizer mesmo de decepção frente a esta situação. Foi explícita a ansiedade que estavam vivendo, e logo veio o questionamento: **“O que fazer”?** **“Como preparar aulas sem os livros didáticos”?** **“Existem outros materiais didáticos que possam nos auxiliar”?** **“O livro didático deve ser eliminado da sala de aula”?**

A partir destes questionamentos ponderamos que, se o professor tiver discernimento para desvelar os aspectos implícitos ao texto didático, poderá fazer uso dele, porém, com alguns critérios. Ou seja, não irá adotá-lo cegamente ou então refutá-lo, mas tê-lo-á apenas como uma referência, podendo extrair dele aspectos que procedem, tanto do ponto de vista educacional quanto científico e, ainda assim, construir uma reflexão crítica juntamente com os alunos a partir dos aspectos falhos que contempla. Aliás, este pode constituir-se num elemento importante no processo de desenvolvimento do senso crítico dos alunos, uma das atribuições importantes do ensino de Ciências e Biologia.

Neste sentido, CASTILHO (1995), em pesquisa realizada sobre a interação do professor com o livro didático, aponta que apesar das graves falhas de que são portadores, estes manuais didáticos, em muitos locais do país, especialmente nas escolas públicas, constituem-se no principal subsídio bibliográfico disponível para buscar o conhecimento sistematizado, quando não no único. A autora parece caracterizar uma realidade em que o livro didático é quem adota professores e alunos, tornando-os fiéis consumidores acrícos.

No entanto, a autora explicita a posição de educadores, que como Freitag, compreendem que apesar de ter a qualidade amplamente questionada, os livros didáticos ainda têm um papel importante em sala de aula, mesmo que seja para estabelecer determinada seqüência ao trabalho do professor e auxiliar na preparação e organização das tarefas de cada dia. Ou seja, se mesmo com o auxílio dos livros didáticos o nosso ensino é ruim, sem ele certamente será pior. Assim, a sugestão de Castilho é de que o livro seja utilizado por professores e alunos com olhos críticos, para além da simples aceitação e consumo de tudo o que apresenta ou prescreve, seja a nível de conteúdos, metodologia ou valores implícitos. A autora assim escreve:

“O uso do livro didático, como um dos instrumentos utilizados pelo docente em sua prática pedagógica, depende da habilidade e do nível de sua formação. Um bom professor pode fazer uso adequado de um livro frágil quando dispõe de uma sólida base teórica que lhe permita criticar o livro desvelando e explicitando para seus alunos o que está subjacente ao conteúdo veiculado pelo texto, detecta erros, reformula exercícios que desprestigiam a inteligência de seus alunos, reconhece a inadequação da metodologia vinculada a conteúdos que estão longe de atender às necessidades de seus alunos, enfim, quando assume uma postura crítica, transformadora, resistindo dessa forma ao que está posto. Portanto, a questão do livro didático passa antes pela formação e atualização do professor em serviço, do que exclusivamente pela qualidade do livro” (CASTILHO, 1995, p. 24).

Portanto, este também é um forte argumento para que voltemos o nosso olhar para a formação dos professores de Ciências/Biologia, oferecendo-lhe uma formação teórico-epistemológica consistente. Certamente a problemática dos livros didáticos, que para além da deficiência de conteúdos, veicula nas entrelinhas valores e estimula comportamentos comprometidos com a ideologia da dominação, deverá ser minorada.

Ao término deste segundo bloco de atividades desenvolvidas na disciplina de Prática de Ensino em Biologia, e para o qual dedicamos 20 horas/aula do programa, quero destacar que a ênfase dada às questões epistemológicas tiveram como objetivo precípuo oportunizar aos professorandos uma visão crítica da ciência, dos seus produtos e dos seus atores, aspectos que, segundo compreendo, poderão contribuir para promover mudanças na sua forma de conceber o ensino de Ciências. Com isto, a expectativa é que o professor sinta-se apto e motivado a gerar atividades de ensino inovadoras, motivadoras e fecundas, rompendo com a inércia de um fazer pedagógico monótono, dogmático, repetitivo e prescritivo.

A partir destes fundamentos, quer educacionais ou epistemológicos, penso ter problematizado as razões para conceber os alunos como sujeitos em ação, construtores do seu próprio conhecimento; conceber também a educação científica que promovem na escola como uma das alternativas presentes na sociedade, capaz de auxiliar os alunos a tornarem-se cidadãos e para isto, esclarecidos, informados, conscientes, responsáveis e atuantes.

Neste sentido, a ênfase recai também na importância da utilização de uma metodologia participativa e dialógica, onde o aluno possa exercitar este atributo fundamental à condição de cidadão, desenvolvendo habilidades para pensar, questionar, refletir, propor, optar, fundamentar suas opções, enfim, exercitar-se enquanto sujeito em ação. Esta perspectiva resgata o objetivo maior da educação científica escolar, desenvolvendo atributos que extrapolam a dimensão intra-muros, aliás, entendo que é para lá que o ensino deve voltar sua atenção pois, se tivermos um aluno crítico e participativo no âmbito escolar, certamente o teremos com estas mesmas características no âmbito da sociedade mais ampla.

4.4 - REPRODUÇÃO: A DIMENSÃO HISTÓRICA NO SEU ENSINO

4.4.1 - O PERFIL DA PROPOSTA

A partir da reflexão desenvolvida nos dois primeiros blocos do curso, foi explícita, para os alunos, a expectativa e motivação em que nos encontrávamos para vivenciar situações pedagógicas que refletissem os princípios de um ensino pautado na construção do conhecimento, em oposição à transmissão-recepção, modalidade de ensino mais difundida no meio escolar.

Este aspecto reforçou minha compreensão de que na formação de professores, não basta nos dedicarmos apenas à reflexão crítica; é também necessário e fundamental desenvolver novas possibilidades e oportunizar aos professorandos conhecer e vivenciar alternativas que propiciem mudanças. No presente estudo, esta dimensão foi buscada também na articulação, durante o ensino de Biologia, de aspectos do processo de produção do conhecimento com a própria conceituação, modelos e teorias produzidas.

Neste sentido, uma nova etapa do curso foi iniciada, iluminada, de um lado, pela reflexão epistemológica desenvolvida no primeiro momento, e de outro, tendo como pressupostos os princípios da educação dialógica e problematizadora explicitados no capítulo I, bem como os argumentos apresentados e analisados no capítulo II, quanto à importância e pertinência do uso da História da Ciência no ensino de disciplinas científicas. De certa maneira, esta nova etapa do curso constituiu-se num momento fundamental para o enfrentamento da problemática a que me propus: **abordar, inclusive em termos da prática docente em sala de aula, a possibilidade de utilizar aspectos da História da Ciência no ensino de Biologia.**

Permeou esta problemática a convicção, de que a utilização da perspectiva histórica no ensino de Biologia poderia conferir aos professorandos o reconhecimento da Ciência enquanto uma atividade em permanente processo de construção, contribuindo para transformar a visão “ingênua” de ciência que adquiriram através do ensino tradicional no percurso escolar.

A hipótese fundamental que lancei, quando da estruturação do presente trabalho, foi preponderante para definir e estruturar esta etapa do curso. Parti do pressuposto fundamental de que a História da Ciência quando utilizada no ensino de Biologia, contribui para que tenhamos um ensino com características marcadamente construtivistas. Os argumentos que fundamentam esta afirmação estão de certa forma bem definidos a nível de pesquisas educacionais e pude explicitá-los no capítulo II. Contudo, a grande questão posta, para a qual muito pouco foi localizado na bibliografia consultada, especialmente para a área da Biologia, e sobre a qual me debruço nesta dissertação, é **averiguar de que forma é possível, ao ministrar um conteúdo específico, contemplar também aspectos históricos da construção deste conhecimento.**

Propus-me, então, a elaborar e executar um plano de ensino, aceitando o desafio de um **trabalho articulado que contempla, de forma concomitante, conhecimento específico e aspectos da historicidade do seu processo de construção.** Defendo assim, o tratamento histórico dos conhecimentos biológicos, onde as respectivas disciplinas abordarão não apenas os aspectos pontuais dos conceitos ou das teorias, o produto final, mas contemplarão também etapas e procedimentos relevantes do longo e complexo processo de construção destes conhecimentos específicos.

A partir disto, minha preocupação primeira foi eleger um tema para trabalhar. Mas, e por que reprodução? Quais os motivos que me levaram a esta opção? Primeiro, por estar de certa forma familiarizada com o assunto, uma vez que este pertence ao programa de duas disciplinas que ministrei no curso de Biologia durante algum tempo: Anatomia e Fisiologia Humana. Segundo, porque o tema reprodução, na oportunidade, constava do rol de conteúdos que seriam abordados com os licenciandos durante aquele semestre letivo (1995/1º). Assim sendo, a opção feita com relação ao tema a abordar, procurou estar em acordo também com estas questões de ordem operacional, até porque meu objetivo não era alterar a grade curricular do curso, mas introduzir uma perspectiva de abordagem histórica nas disciplinas existentes.

Diversos referenciais bibliográficos foram selecionados e estudados com o propósito de subsidiar o trabalho. Para um aprofundamento da visão internalista da História da Ciência, o texto **“O conceito de fecundação”** de GIORDAN (1987, p. 65-130) foi uma importante referência, pois o autor dedica-se também à pesquisa em ensino de Biologia. Este texto mereceu destaque no trabalho, porque balizou o curso, obtendo ênfase

especial em alguns trechos específicos, face às características histórico-epistemológicas e até mesmo educacionais que dele foi possível extrair e aprofundar. Dentre estes pontos, mereceram destaque:

⇒ A perspectiva problematizadora que contempla, abordando as questões que permearam a construção dos diversos modelos;

⇒ A maneira explícita com que apresenta a dinâmica da construção científica, inclusive chamando a atenção do aluno para o caminho ziguezagueante e jamais linear descrito pelo processo, o empenho coletivo neste empreendimento, o tempo que muitas vezes uma teoria pode demandar para que seja estabelecida, a concomitância dos modelos explicativos, os grandes obstáculos que interceptaram a trajetória e tiveram que ser superados para que os avanços fossem promovidos;

⇒ A explicitação que faz dos aspectos metodológicos da pesquisa desenvolvidos em cada época. Aliás, neste sentido, o texto é rico em dados, citando textualmente inúmeras situações, seja a nível de argumentação dos pesquisadores ou do relato de trabalhos experimentais desenvolvidos. Por outro lado, esta característica, ao mesmo tempo em que revela a preocupação do autor em oferecer um tratamento detalhado das situações descritas, também contribuiu para tornar o texto denso, complexo e um tanto cansativo, atributos comuns dos textos de cunho histórico.

Pelas características elencadas, o autor prioriza a visão internalista da História da Ciência. Além-se a descrever a conduta da comunidade científica, os procedimentos empreendidos em cada época, os limites e os avanços logrados, sem contudo extrapolar a dimensão de atuação da comunidade científica. O contexto mais amplo que caracteriza o período histórico em que os modelos e teorias foram produzidos pela comunidade, não é preocupação de Giordan no texto que compôs.

Contudo, como objetivava contemplar também uma visão mais ampla e contextualizada do tema, compus dois pequenos textos a partir de extratos das obras de ANDERY (1988), BERNAL (1976), DELIZOICOV (1991) e JAPIASSU (1991) a fim de localizar o contexto em que os modelos foram construídos e, assim, propiciar aos professorandos, mesmo que sumariamente, a compreensão de que aspectos sociais mais amplos, de maneira direta ou indireta, influenciam o processo de produção deste

conhecimento. Dito de outra forma, o objetivo destes textos foi localizar o aluno quanto ao contexto que deu sentido às construções teóricas sobre a reprodução.

Para isto, localizei dois períodos que julguei fundamentais na trajetória histórica descrita por **Giordan**. Trata-se do longo período em que predominou o pensamento aristotélico [385 a.C. e toda a Idade Média] e o período Renascentista [1440 a 1540, aproximadamente].

Neste sentido, primeiramente trabalharíamos com o texto **“O pensamento aristotélico e suas implicações na Ciência da Idade Média”** [em anexo], o qual, embora em linhas muito gerais, procura caracterizar o período em que predominou o pensamento aristotélico, destacando algumas características epistemológicas do seu sistema de pensamento e, neste sentido, a compreensão de alguns aspectos biológicos de interesse da discussão. Contemplei este período e esta corrente de pensamento, tendo em vista a grande influência que exerceu na construção das idéias sobre reprodução, não somente na Antigüidade, mas também durante a longa Idade Média.

O outro momento que mereceu atenção neste trabalho foi o período Renascentista que registra o início da transição de uma ciência até então predominantemente contemplativa e filosófica, para a Ciência Moderna, especulativa, experimental, manipulativa. Este período foi preponderante para o avanço do conhecimento sobre reprodução. Buscando este entendimento, compus o texto **“A transição para a Ciência Moderna”** [em anexo], onde privilegio uma breve caracterização do sistema produtivo vigente na época, os valores que pautaram este modelo, o surgimento de uma nova forma de pensamento, de conhecimento, os avanços tecnológicos promovidos em decorrência desta nova concepção de conhecimento e as implicações destes avanços na produção de novos conhecimentos. O texto localiza de forma breve, os aspectos essenciais da mudança de paradigma na produção científica e relaciona-os com aspectos relevantes sobre a reprodução apontados pelo texto de Giordan.

Conforme veremos, estes dois textos, muito mais do que abordar a dimensão histórica, teve como uma das metas iniciar a problematização e destacar aspectos relativos ao contexto de produção dos vários modelos explicativos sobre o tema reprodução.

O fato de não ter localizado um único texto já produzido, abordando estes pontos fundamentais que pretendia explorar, levou-me à necessidade de, por um lado, preparar estes textos didáticos a serem utilizados nas aulas com os meus alunos, num processo de pesquisa bibliográfica sobre o desenvolvimento histórico do tema reprodução. De outro lado, ir sistematizando os achados das referências bibliográficas, bem como o seu uso e os resultados da abordagem desta temática em sala de aula, de tal modo a produzir um texto que pudesse subsidiar a ação docente no tratamento histórico da reprodução. Conforme referenciei, o capítulo III é o resultado desse processo. O texto ali apresentado é uma síntese que explora a historicidade das idéias sobre reprodução e foi elaborado nesta dinâmica de ação-reflexão-sistematização, durante o meu trabalho de docência e de pesquisa.

Retornando aos detalhes da preparação para a atuação em sala de aula, destaco que os aspectos pontuais relativos à reprodução, no que diz respeito ao modelo teórico hoje aceito pela comunidade científica, foram trabalhados a partir de excertos de obras tidas como paradigmáticas no ensino de Biologia a nível de terceiro grau. São elas: **Anatomia fundamental**, CASTRO (1985); **Fisiologia Humana**, VANDER, et. al. (1981); **Fisiologia Humana**, GUYTON (1984) e **Histologia Básica**, JUNQUEIRA e CARNEIRO (1990).

Do ponto de vista do desenvolvimento das atividades em sala de aula, continuei utilizando a dinâmica dos **momentos pedagógicos** (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1992, p. 52), que havia organizado a ação didático-pedagógica das aulas anteriores. Esta dinâmica traz em seu bojo princípios básicos de uma educação progressista, tais como, a dialogicidade e a problematização do conhecimento, que se revelaram de fundamental importância na prática adotada.

Este terceiro bloco de atividades foi desenvolvido num período de 30 horas/aula, na disciplina de Fisiologia Humana, e conforme explicitiei anteriormente, ocorreu na seqüência das atividades desenvolvidas na disciplina de Prática de Ensino em Biologia, envolvendo os mesmo alunos.

4.4.2 - A OPERACIONALIZAÇÃO DA PROPOSTA

Tendo em vista a perspectiva metodológica eleita, iniciamos esta nova etapa do curso com a leitura e discussão do texto **O pensamento aristotélico e suas implicações na Ciência da Idade Média**, anteriormente caracterizado. Utilizando este texto no início do curso, tive a pretensão de situar os professorandos quanto ao contexto em que iríamos inserir o início do debate sobre o tema reprodução, de modo que dados e informações apresentadas pelo texto histórico que balizou o trabalho com os licenciandos, GIORDAN (1987), fossem relativizados e sintonizados com aquele contexto. A preocupação foi de que não adquirissem caráter pejorativo, depreciativo, o que poderia ocorrer, caso fossem analisados a partir da perspectiva do modelo atual. Este componente epistemológico também foi valorizado na construção do capítulo III, onde resgato uma abordagem histórica para o tratamento do tema reprodução em uma situação de ensino.

As idéias contidas no texto **O pensamento aristotélico e suas implicações na Ciência da Idade Média** repercutiu nos alunos como uma verdadeira novidade, para alguns com significado, para outros, talvez nem tanto. A princípio percebi certa resistência dos alunos por temas que não sejam pontualmente específicos, a meu ver, resquícios de um curso que “encapsula” os professores nos conteúdos específicos de forma reducionista, secundarizando os aspectos mais amplos do contexto ou de áreas periféricas que tanto significado atribuem ao conhecimento específico abordado numa perspectiva crítica.

Feita a leitura e discussão deste primeiro texto, partimos para o **primeiro momento pedagógico** que sugere a **problematização do conhecimento**. Neste sentido, três questões fundamentais, que permeiam o texto histórico de GIORDAN (op. cit.) e que foram fundamentais no processo de construção do conhecimento sobre reprodução, foram lançadas aos alunos, para que as respondessem à luz do pensamento aristotélico, anteriormente discutido. As questões propostas foram as seguintes:

- **Como é explicado o princípio da geração de novos seres vivos?**
- **Neste processo que papel desempenha cada um dos progenitores?**

• **Como é explicada a semelhança dos filhos com o pai? Com a mãe? Ou com ambos?**

O texto que compus ofereceu subsídios para responder com alguma tranquilidade às duas primeiras questões lançadas. Obteve relevância nessa discussão a hostilidade com que o paradigma aristotélico trata a participação feminina, não apenas no processo reprodutivo, mas na vida em sociedade, de um modo geral. Ao explicitar a forma de participação dos progenitores no processo de reprodução, os alunos depararam-se com a dificuldade de expressar um raciocínio convincente, principalmente face à modalidade de conhecimento vigente na época, centrado em procedimentos contemplativos, que secundariza uma análise sistemática que relaciona o modelo com a base empírica. Ou seja, a razão última das coisas é buscada em Deus, e assim sendo, tudo é explicado a partir desta força oculta e suprema.

A terceira questão, por sua vez, chamou muito a atenção pela dificuldade de respondê-la no contexto proposto, visto que se constituiu num limite do próprio modelo, pois, se o princípio prolífico está exclusivamente no progenitor masculino, como pode a criança assemelhar-se à mãe? Ou então a ambos os pais?

Esta perspectiva está contemplada no capítulo III, quando, ao adotar a dinâmica de modelos para evidenciar a evolução do conhecimento sobre reprodução, sinalizei, sempre que a literatura consultada possibilitou, os avanços e os limites enfrentados por cada construção teórica. Neste sentido, explicar a semelhança dos filhos com os pais constituiu-se em um dos limites dos modelos grego, e mais tarde, também dos modelos preformistas.

Na medida em que as questões propostas foram analisadas e discutidas, outras foram sendo pontuadas pelos alunos, dentre elas as que elenco a seguir:

“... para o entendimento desta época, em que não havia o conhecimento de óvulo e espermatozóide, como eram interpretados o conteúdo espermático e menstrual? De que forma o conteúdo espermático agia para produzir sozinho o novo indivíduo?”

“Esta superioridade do macho estaria vinculada à presença ‘abundante’ do líquido seminal? Mas e a superioridade do homem na sociedade não tem nada a ver com esta explicação”?

“E o desenvolvimento do novo indivíduo no útero como era explicado? O que sabiam sobre embrião, feto... e a questão da semelhança com os pais”?

Esta problematização feita em torno do tema, gerou uma espécie de tensão no grupo, que segundo compreendo estabeleceu-se pela falta de subsídios que pudessem conduzir às respostas. Este desequilíbrio promoveu um interesse explícito pela leitura do texto histórico acima mencionado, visto que nele estava a possibilidade de responder aos questionamentos levantados. Neste clima de curiosidade e muitas dúvidas, nos remetemos ao **segundo momento pedagógico**, ou seja, à **organização do conhecimento** que pautou-se na leitura e discussão do texto de Giordan, especificamente da primeira parte que trata sobre os modelos gregos.

Ao percorrer e analisar os diversos modelos que este texto contempla, foi possível perceber e discutir a unanimidade com que estes admitem a participação de ambos os pais no processo reprodutivo, cada qual trazendo uma semente peculiar que, ao misturar-se, produz o novo indivíduo. Por outro lado, também foram perceptíveis os limites destes modelos em explicar os detalhes de como este processo se efetiva. É flagrante o reduzido conhecimento de anatomia nesta época, e o entrave que isto representou na compreensão do processo de reprodução.

Também o detalhamento de como ocorre a participação de cada um dos pais neste processo constituiu-se num verdadeiro obstáculo que perdurou por muito tempo, e é principalmente quanto a este aspecto que as diversas teorias epigenistas divergem.

Antes de avançarmos na leitura do texto histórico de Giordan, adentrando no modelo proposto por Harvey, foi realizada uma sessão de discussão a partir do texto complementar **A transição para a Ciência Moderna**, já referenciado anteriormente, pois, se os modelos epigenistas estudados até então, estiveram pautados no paradigma da Ciência Grega, e perduraram por toda a Idade Média, a proposição de Harvey, embora ainda revele certo apego aos princípios aristotélicos, situando-se num período de transição, desenvolveu-se num novo contexto epistemológico, para o qual o conhecimento deixa de

ser mera contemplação; ganha significado a experimentação, a manipulação sistemática de dados empíricos. Neste sentido, o texto complementar acima mencionado, teve a intenção de explicitar esta ruptura, apresentando este novo contexto quer epistemológico, quer cultural e econômico em que se estruturaram os novos modelos.

Como é possível constatar, esta abordagem contextualizada foi contemplada no capítulo III, e teve como objetivo explicitar as rupturas que levaram à construção de novos modelos para a compreensão do processo de reprodução.

À luz deste novo contexto, retomamos as três questões propostas inicialmente a título de **problematização** para que os alunos as respondessem a partir desta nova perspectiva epistemológica. As respostas dadas respaldaram-se principalmente nos avanços que o texto complementar sinaliza, em relação aos estudos em anatomia, às novas tecnologias empregadas na produção de microscópios capazes de permitir a visualização dos espermatozoides, além da importância que passa a ter neste novo contexto, a ciência experimental.

Verifiquei que, de um modo geral, as respostas dos licenciandos avançaram rapidamente, buscando acordo com o modelo teórico atualmente aceito. A interpretação dada foi de que, uma vez reconhecidas as estruturas anatômicas, identificadas suas funções e localizados óvulo e espermatozoides, as barreiras foram transpostas e então, **“ambos os pais participam do processo reprodutivo, cada qual fornecendo um elemento específico [óvulo e espermatozoide], o que possibilita explicar mais tarde, a semelhança dos filhos com os pais”**.

Evidenciou-se um desconforto muito grande dos alunos em conviver com a dúvida, com o incerto e principalmente muita habilidade para desconsiderar o processo, avançando logo para os resultados pontuais. Compreendo isto como sendo um comportamento herdado de um sistema de ensino que prima por resultados, que considera tão somente os produtos finais do trabalho científico, que relega o processo, contribuindo desta forma para que se constitua uma visão de Ciência como conhecimento verdadeiro e a-histórico.

Na medida em que os alunos foram respondendo às questões à luz do paradigma atual, fui problematizando novas situações:

Será que foi tão rápido assim chegarmos ao entendimento que temos hoje? Só faltava mesmo conhecer um pouco mais sobre Anatomia e Fisiologia, localizar óvulos e espermatozóides e tudo foi resolvido?

As pesquisas mostraram desde o início a participação equilibrada do homem e da mulher na reprodução?

Os avanços em Anatomia e Fisiologia aliados à tecnologia que produziu aparelhos de microscopia capazes de permitir a visualização dos espermatozóides, foram as únicas barreiras que tiveram que ser superadas para chegar ao entendimento que temos hoje sobre o processo da reprodução?

Óvulos e espermatozóides sempre tiveram participação igual no processo de reprodução?

Ao visualizar o espermatozóide, o óvulo já era conhecido?

Esses elementos foram logo identificados como células?

E quanto à produção dos óvulos e espermatozóides, bem como o reconhecimento da sua constituição íntima, foram conhecimentos rapidamente alcançados? Até que ponto foi necessário identificar estes aspectos para então compreender melhor o processo de reprodução?

Houve um tempo para que estas questões fossem especuladas, contudo, mais e mais dúvidas passaram a ser acrescidas; inúmeras hipóteses também foram sendo formuladas.

Neste momento do trabalho, avaliei que seria oportuno, tanto do ponto de vista da problematização, quanto da premissa que norteia o trabalho, isto é, articular conhecimentos específicos com aspectos da sua historicidade, realizarmos uma atividade prática para apreender os conhecimentos dos alunos sobre anatomia e fisiologia dos aparelhos genitais, bem como, despertar novos interesses pelo assunto, estimulando-os a buscar este conhecimento, inclusive via texto histórico, evidenciando como estes conhecimentos foram alcançados.

Realizamos então a atividade prática no laboratório de anatomia. Tínhamos à disposição material humano e animal para que os alunos pudessem manipular e especular à vontade.

Com esta atividade buscamos a identificação, nomeação e caracterização das funções de cada estrutura anatômica que compõe o aparelho genital feminino. As dificuldades foram muitas. Os alunos recorreram a alguns livros didáticos de segundo grau que estavam à disposição no laboratório, para melhor situarem-se. Encontraram dificuldades para localizar algumas estruturas:

“...esperávamos encontrar tudo arrumado e destacado como o livro didático apresenta; e não foi exatamente assim...” (Jair)

Outra grande surpresa que manifestaram foi quanto ao tamanho das estruturas anatômicas localizadas:

“... é tudo tão pequeno se comparado com as ilustrações; os desenhos dão a impressão que é tudo maior...”(Márcia).

“... além disso, os livros quase sempre mostram a parte estudada separada do resto do corpo, e daí é mais fácil localizar. Aqui, está tudo unido, aparece um monte de coisas e fica mais difícil encontrar cada estrutura” (Cristine).

É importante destacar que embora os alunos já tivessem cursado a disciplina de Anatomia Humana, na oportunidade, esta foi desenvolvida exclusivamente no âmbito teórico. Assim, a atividade que desenvolvemos representou para os alunos uma situação nova e muito estimulante. O trabalho desenvolveu-se com a participação da grande maioria dos alunos. A satisfação de localizar cada estrutura anatômica era comemorada. Contudo, novos problemas também foram se estruturando no decorrer da prática, e neste momento articulando a participação de alunos e professora:

“Se os óvulos se formam nos ovários e são visíveis a olho nu, onde estão? Será que são estas pequenas ‘bolhas’ que a gente vê por fora do ovário? E por que umas são maiores do que as outras”? (Adriana)

“Quando fizemos anatomia, a professora falou que a menina quando nasce já tem consigo todos os óvulos bem formados. Onde eles estão? É possível ver”?
(Giovana)

“Então, se ao nascer os óvulos já estão formados, o que significa a ovulação”?
Como ocorre? (Iône)

“... e a fecundação, onde ocorre? Será no próprio ovário? (Nelsinho)

“Mas como o espermatozóide iria entrar no ovário para fecundar o óvulo”?
(Levino)

“Após a ovulação, por quanto tempo o óvulo permanece viável”? (Iône)

“E o endométrio, tem alguma função? Para que serve”? (Adriana)

Além destas, outras questões secundárias foram pontuadas no decorrer da exploração do material prático. Também as questões propostas a título de problematização inicial foram retomadas a partir do material prático examinado. Para cada uma, inúmeras hipóteses foram formuladas, as quais deixamos em aberto, para que pudéssemos respondê-las através das leituras, no segundo momento do trabalho [**organização do conhecimento**].

Neste momento da aula percebi o quanto a perspectiva metodológica utilizada oportuniza que os papéis em sala de aula sejam modificados. Primeiro, porque o diálogo passa a nortear as diversas atividades e neste sentido, professor e aluno tornam-se sujeitos em ação, solidários no processo cognitivo, participando integralmente, questionando, buscando significados. Segundo, porque a problematização do conhecimento, um princípio fundamental da concepção educacional que estou defendendo e que através desta iniciativa estou pondo em prática, desafia a reflexão crítica sobre as próprias concepções e estimula a aquisição de novos conhecimentos. Neste sentido, conforme afirma FREIRE (1977), a problematização é inseparável do ato cognoscente e, portanto, inseparável das situações concretas.

Situação similar vivenciamos no momento seguinte da aula, quando nos dedicamos à exploração dos aspectos anatômicos e fisiológicos da genitália masculina. Chamou-me a

atenção o fato dos alunos apresentarem melhor domínio dos aspectos anatômicos femininos. Talvez isto se deva à maior complexidade ou detalhamento das estruturas anatômicas masculinas internas. Outro fator que acredito contribui para esta distinção, prende-se à divulgação feita pelos meios de comunicação, de alguns aspectos da anatomia feminina relacionados à maternidade, e até mesmo à anticoncepção, fator este, que a cultura ocidental ainda centraliza na figura feminina.

Destas especulações, algumas questões levantadas foram fundamentais:

“Assim como as mulheres, os homens já nascem com os espermatozoides formados”? (Vilma)

“Por que são produzidos tantos espermatozoides se apenas um basta para fecundar”? (Claiton)

“Mas e o caso dos gêmeos, não são dois espermatozoides”? (Vilma)

“Quanto tempo de vida tem um espermatozoide”? (Jair)

“Por que é só a partir da puberdade que os meninos passam a produzir espermatozoides”? (Leane)

Partindo de todos estes questionamentos, para os quais não ofereci respostas prontas, retornamos ao texto histórico, com o objetivo de **organizar o conhecimento**. Os alunos estavam muito desafiados para a leitura e visivelmente angustiados com tantas questões e poucas respostas, a ponto de um aluno relatar:

“Já não temos sequer certeza dos conhecimentos que tínhamos antes e que inclusive ensinávamos, tudo agora passou a ser questionado” (Nelsinho)

Meu propósito foi identificar o conhecimento que detinham, problematizá-lo, além de deixá-los motivados para a leitura que se constituiu na estratégia fundamental para organizar o conhecimento. Um aspecto importante que me parece estar sendo oportunizado pela abordagem histórica do conhecimento e também pela perspectiva metodológica eleita, é o fato de que as aulas transformaram-se num constante processo de busca, permeado por

desafios, assemelhando-se a um processo de investigação. Nas palavras de uma licencianda:

“Sinceramente, com este trabalho estou me sentindo um pouco pesquisadora, e como é gostoso isto. Acho que é isto mesmo que o pesquisador sente, um grande desafio e o prazer de buscar, de tentar encontrar solução para os problemas propostos. As questões lançadas são muito desafiadoras e o texto está nos auxiliando a chegar gradativamente à solução. Nada de respostas imediatas, é necessário acompanhar inclusive as pistas falsas, os erros, o que geralmente não fazemos em sala de aula; vamos logo ao resultado final, e acabamos passando a idéia de que aqueles conceitos são definitivos” (Adriana).

Retornamos ao texto histórico **“O conceito de fecundação”**, com o intuito de manter a perspectiva que estávamos desenvolvendo, percebendo a construção gradativa do conhecimento e as características deste processo.

Visto que o texto histórico não contempla todas as situações problematizadas, especialmente os aspectos hoje paradigmáticos sobre reprodução, mesmo porque este não é seu objetivo, planejei algumas incursões pela literatura específica [CASTRO (1985), VANDER (1981), GUYTON (1984) e JUNQUEIRA e CARNEIRO (1990)] a qual também traria subsídios para responder às questões lançadas, fazendo a discussão avançar. Nestes momentos estiveram em cena aspectos históricos da construção deste conhecimento e o conhecimento específico propriamente dito, num trabalho articulado que procurou contemplar processo e produto.

Utilizando-nos desta dinâmica, retornamos ao modelo de Harvey, que conforme constatamos não consegue promover avanços significativos à questão da reprodução. Mesmo apoiando-se sobre fatos observáveis e utilizando métodos muito próximos da ciência experimental atual, os trabalhos de Harvey demonstraram estar ainda muito atrelados aos princípios aristotélicos, evidenciando que naquele período ainda havia a supremacia das idéias sobre os fatos.

No capítulo III, explicitarei esta dependência ou resistência encontrada para romper com algumas características do antigo paradigma. Em alguns pontos do texto é possível perceber que a retomada de argumentos gestados no paradigma aristotélico prendeu-se à

existência de grandes obstáculos, que não tendo sido superados, dificultaram a elaboração de argumentos consistentes e condizentes com a nova interpretação dos fatos. Um exemplo disto é quando os préformistas explicam a semelhança dos filhos aos pais, através do poder de imaginação da mãe ou pela intervenção de forças ocultas, ou ainda, quando explicam a forma de participação dos espermatozóides no processo de fecundação, através da “aura seminalis” ou pela impregnação de uma espécie de espírito, inexistindo o contato com o óvulo.

Através da discussão do modelo de Harvey, foi possível identificar que mesmo no século XVI, os conhecimentos em anatomia e fisiologia haviam avançado muito pouco. Conforme dissertei no capítulo III, muitas são as divergências encontradas neste período, quanto ao papel dos testículos e dos ovários no processo da geração. Muito embora a forma de participação dos pais no processo da reprodução não tenha conquistado avanços com o modelo de Harvey, um aspecto fundamental para esta compreensão esteve presente no seu sistema explicativo: o de que ambos participam na geração de novos seres vivos.

Ao adentrar nos modelos preformistas, os licenciandos foram aos poucos percebendo que o processo de obtenção do conhecimento sobre reprodução não foi tão simples e nem tão rápido quanto demonstraram ao responder à problematização inicial. A disputa acirrada entre ovistas e animalculistas contribuiu para a compreensão de que a construção do conhecimento é marcada por contradições, por confronto de idéias, por discontinuidades na forma de conceber e explicar os fenômenos.

Ao abordar estes modelos teóricos, via texto histórico, nos deparamos reiteradas vezes com situações problemas, fundamentalmente relacionadas ao reconhecimento de aspectos anatômicos e fisiológicos da reprodução. Estas questões foram ampliadas e articuladas àquelas propostas no desenvolvimento da atividade prática, promovendo uma acalorada discussão. Esta dinâmica propiciou o que denominei de aprofundamento da problematização. Na medida em que avançávamos no estudo do texto histórico, percebemos que muitos destes problemas foram retomados e recolocados em diferentes níveis, tendo em vista os avanços promovidos pelas pesquisas.

Neste sentido, há que se reconhecer que ao mesmo tempo em que os modelos preformistas foram limitados diante da totalidade e dimensão dos problemas a resolver, também promoveram avanços. A disputa entre estes modelos teóricos fomentou muitas

especulações. Um universo de pesquisas experimentais foi desenvolvido neste período. Contudo, conforme enfatiza GIORDAN (1987), muitos resultados das experiências foram interpretados com parcialidade, ou então foram tendenciosos, extraindo e validando apenas aqueles dados que permitiram confirmar a teoria préformista defendida. Este aspecto contribuiu para a compreensão dos licenciandos de que a estrutura teórica que detém o pesquisador influencia a forma como irá interagir com os dados empíricos.

Nesta instigante discussão das teorias préformistas, balizada pelo texto histórico, integramos os fragmentos dos textos específicos anteriormente caracterizados (CASTRO (1985); VANDER (1981); GUYTON (1984) e JUNQUEIRA e CARNEIRO (1990), com o intuito de aprofundar os conhecimentos sobre anatomia e fisiologia do aparelho genital. A projeção de alguns slides ilustrativos auxiliou neste processo. Neste sentido, quando da discussão dos préformistas ovistas, agregamos os conhecimentos hoje paradigmáticos sobre anatomia e fisiologia da genitália feminina; quando da discussão dos préformistas animalculistas, resgatamos os conhecimentos hoje paradigmáticos sobre anatomia e fisiologia da genitália masculina.

Conforme mencionei, com esta dinâmica, muitas questões suscitadas na problematização inicial ou que foram propostas pelo texto histórico e ampliadas pela atividade prática que realizamos, puderam ser respondidas. Contudo, inúmeras outras continuaram em aberto, propiciando inquietação, especialmente aquelas relacionadas à formação gamética e aos processos da ovulação e fecundação. Oportunamente estas questões foram abordadas.

Avançando no texto histórico **“O conceito de fecundação”**, foi possível constatar que estudos em embriologia, oportunizados pelo aperfeiçoamento dos aparelhos de microscopia, renderam significativos avanços na área, por exemplo, constatando que os órgãos não são préformados, mas formam-se gradualmente no curso do crescimento do animal. Estes dados representaram um verdadeiro ataque às teorias préformistas que já não encontravam confirmação nos fatos.

Os limites das teorias préformistas foram explorados não apenas do ponto de vista do desenvolvimento embrionário que mostrava a inexistência de órgãos pré-formados, mas também quanto à questão da semelhança dos filhos com ambos os progenitores,

enfraquecendo a argumentação de que o indivíduo preexiste no óvulo ou no espermatozóide, acenando para uma retomada da concepção epigenista sobre reprodução.

Posteriormente, a localização definitiva do óvulo no ovário, veio somar pontos neste processo de retomada do epigenismo; aspectos anatômicos e fisiológicos foram retomados. Apesar deste avanço, questões fundamentais relacionadas ao fenômeno da fecundação ainda estavam sem solução e tiveram que aguardar a formulação da teoria celular para que fossem compreendidas.

Ou seja, mesmo após a visualização do óvulo e espermatozóide, foi necessário esperar quase meio século até que sua estrutura celular fosse conhecida, para então propor, mesmo em linha gerais, a teoria hoje aceita que interpreta o mecanismo da fecundação.

Neste sentido, ao retomar o epigenismo, agora com novas dimensões, novamente as questões problematizadas pelo texto histórico foram articuladas às questões formuladas no desenvolvimento da atividade prática. Assim desafiados, os licenciandos retomaram a literatura específica para aprofundar aspectos pontuais do conteúdo, especialmente a gametogênese, os mecanismos fisiológicos da ovulação e a fecundação propriamente dita. Ou seja, a partir dos avanços promovidos na compreensão da célula, ganhou significado a compreensão da formação dos gametas, a sua interação na formação de um novo indivíduo.

Esta passagem muito bem ilustra o pensamento de GAGLIARDI e GIORDAN (1986) que explicitarei no capítulo II, quando dizem que ao utilizarmos a História da Ciência no ensino de Biologia, vamos gradativamente percebendo, através do processo de construção do conhecimento, os aspectos pontuais do conteúdo que devem ser contemplados e aprofundados, eliminando dos currículos as superficialidades e evitando perder tempo com a repetição de conteúdos que o aluno não tem condições de compreender.

Com esta dinâmica, utilizando paralelamente a perspectiva histórica e os aspectos pontuais do tema reprodução, os alunos foram dando-se conta de que através das resposta à problematização inicial, deram provas de que são frutos de um ensino de resultados, que desconhece ou ignora a longa e complexa caminhada para a produção do conhecimento, da qual é possível extrair dados fundamentais, inclusive para uma melhor e mais completa compreensão da atividade científica e das próprias teorias biológicas.

Além disso, pude constatar que ao abordar a construção das idéias sobre reprodução ao longo da História, foi possível despertar maior atenção e interesse dos alunos pelo assunto, tornando as aulas agradáveis, participativas e produtivas, conforme explicitarei no próximo item, através de alguns depoimentos dos licenciandos.

A partir deste ponto, onde as questões propostas inicialmente e outras que surgiram, foram abordadas na perspectiva da busca de respostas, o trabalho pôde avançar para um outro nível: o da aplicação do conhecimento. Neste momento, passamos a refletir de que maneira estes aspectos vivenciados, sejam histórico-epistemológicos ou metodológicos-educacionais, poderiam ser contemplados no ensino de Biologia a nível de segundo grau, uma vez que no semestre seguinte, estes licenciandos desenvolveriam o estágio na escola de segundo grau. Esta fase do trabalho, caracterizamos como **a aplicação do conhecimento**, contemplando assim os três momentos pedagógicos sistematizados por DELIZOICOV (1991). Através do trabalho a ser desenvolvido no estágio, seja na fase de planejamento ou regência de classe, os professorandos estariam interpretando novas situações à luz dos conhecimentos, que por pressuposto, teriam sido incorporados no decorrer do curso, objeto desta dissertação.

Deste terceiro momento pedagógico, como pude acompanhar o planejamento que desenvolveram, é pertinente ressaltar que os alunos, de uma maneira geral, estiveram preocupados em realizar um trabalho similar ao que desenvolvemos, com ênfase tanto nos princípios metodológicos, quanto nos aspectos epistemológicos. Embora o trabalho que desenvolveriam com o segundo grau não estivesse restrito à temática reprodução, sendo abordados, além deste, outros temas relacionados, estiveram preocupados em oferecer aos alunos do magistério esta visão.

Este aspecto vivenciado muito bem traduz o pensamento de ZANTETIC (1989) quando, em defesa do uso da História da Ciência no ensino, situa esta iniciativa na formação dos professores e afirma que este desafio deve ser enfrentado, pois mesmo que o professor não venha a utilizar a História da Ciência diretamente com seus alunos, ela de alguma forma irá **“alimentar suas aulas”**.

4.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deste estudo realizado, fica a compreensão de que o atual ensino de Biologia, apontado pelas pesquisas educacionais como ineficiente, necessita ser transformado para que cumpra com a função social de formar indivíduos aptos ao exercício da cidadania. No bojo desta transformação está a necessidade de romper com o entendimento equivocado de que a aprendizagem se processa por um mecanismo de transferência de conhecimentos absolutos e imutáveis, do professor para o aluno.

Pautada em práticas educacionais desta natureza, a Biologia enquanto corpo de conhecimentos, tem sido caracterizada no cenário educacional, como uma retórica de conclusões, destituída do processo de construção dos conhecimentos que veicula. Esta perspectiva, conforme foi possível discutir, limita as contribuições do ensino de Biologia para a educação científica dos cidadãos, visto que divulga conhecimentos desconexos, desprovidos de significado, de interesse, de dinâmica, e na maioria das vezes sem vínculos com o contexto vivencial do aluno.

Acreditando na necessidade e na possibilidade de engajar o ensino de Biologia no processo de construção de uma educação progressista, que orienta para a busca do conhecimento e a sua utilização na solução dos problemas do cotidiano, que conscientiza, que oportuniza a reflexão crítica, que promove a criatividade, e assim, habilita para ações transformadoras, este estudo apostou na valorização do componente histórico-epistemológico na formação dos professores e teve por pressuposto que uma adequada compreensão sobre a natureza da Ciência poderá contribuir para esta finalidade educacional. Este entendimento fez com que o presente estudo buscasse na articulação da História da Ciência ao ensino de Biologia, a reflexão que oportuniza compreender a dinâmica da produção científica e, assim, estabelecer uma nova relação com o conhecimento a ser dinamizado na escola a título de conteúdo de ensino.

Contudo, a possibilidade desta articulação teve que ser construída, uma vez que a bibliografia consultada não registra iniciativas já realizadas e que possam oferecer indicativos para um trabalho dessa natureza para o ensino de Biologia. Assim sendo, apostei num trabalho articulado que contemplou processo e produto, ou seja, ao abordar o tema reprodução, privilegiei tanto os aspectos conceituais quanto aspectos da história da

construção destes conceitos. Para isto, utilizei a própria dimensão histórica para estruturar o curso e também a minha prática educacional. Uma vez eleito o tema, situei na sua trajetória histórica, ampla e complexa, os pontos fundamentais do processo de construção daquele conhecimento, para que fossem interpretados e discutidos. É oportuno destacar que explorei como pontos fundamentais da trajetória histórica, tanto os momentos em que grandes obstáculos se fizeram presentes, dificultando e até impedindo avanços, como aqueles em que soluções foram encontradas, transformando a forma de compreensão do tema, possibilitando a estruturação de novos modelos.

O mapeamento que fiz do texto histórico foi fundamental para definir os aspectos pontuais sobre o tema que seriam aprofundados a partir do modelo atualmente aceito pela comunidade científica. Esta dinâmica oportunizou a compreensão do modelo atual, bem como dos seus antecedentes históricos, propiciando também uma reflexão em torno das características do processo de produção científica.

Analisando como o curso foi planejado e desenvolvido, é possível concluir que com esta dinâmica a História da Ciência desempenhou duplo papel no ensino de Biologia. Por um lado constituiu-se na metodologia que estruturou o curso, ou seja, o texto histórico eleito “vertebrou” o curso, pois, a ele foram agregadas as demais reflexões. Por outro lado, a perspectiva histórica constituiu-se num dos conteúdos do curso, uma vez que oportunizou uma discussão sobre os mecanismos da produção científica, explicitando e exemplificando suas características.

É importante resgatar que anteriormente à esta etapa do curso, havia desenvolvido com os licenciandos uma reflexão de cunho epistemológico. Destaco que no contexto da proposta desenvolvida, esta reflexão se mostra como essencial, visto que ao mesmo tempo auxilia uma leitura de um texto histórico e complementa uma compreensão sobre a construção do conhecimento.

Com relação à importância de utilizar a perspectiva histórica no ensino, visando oferecer subsídios para um redimensionamento da imagem que os professores têm da Ciência, bem como, para uma melhor compreensão das teorias biológicas, e ainda, quanto à opção feita, utilizando articuladamente a História da Ciência ao conhecimento específico, acredito que uma interpretação importante e que deverá ser levada em consideração, poderá ser extraída dos próprios depoimentos dos professorandos. Para isto, ao término do curso,

sugeri que os licenciandos manifestassem seu parecer em relação à proposta desenvolvida, destacando possíveis contribuições que tenha trazido para o seu processo de formação. Vale ressaltar que estes depoimentos, assim como todos os que se encontram ao longo do texto desta dissertação, foram gravados e após transcritos.

“... percebi que temos muitas falhas a nível de conteúdos, e até hoje só conhecíamos os conceitos finais, nunca foi-nos oportunizado conhecer o caminho percorrido para se chegar ao conhecimento em Biologia. E o fato de só conhecermos os resultados finais não nos dá sequer a idéia dos caminhos percorridos, das dificuldades enfrentadas, dos erros que os pesquisadores também cometem, das hipóteses lançadas, das inúmeras tentativas que são feitas, dos entendimentos anteriores, em épocas anteriores, enfim, nos é ocultado todo um processo que a meu ver é de grande interesse para que possamos realmente entender a atividade de pesquisa e também melhor compreender os seus resultados, que são os conceitos, os únicos que até hoje tivemos acesso... A apresentação apenas dos conceitos finais nos sugere muitas vezes decorar situações que logo depois esquecemos. No trabalho que fizemos foi diferente, as questões foram sendo apresentadas aos poucos, e os conceitos foram sendo amadurecidos, incorporados. Os termos novos e os processos, passaram a ser algo mais familiar porque foram apresentados sucessivas vezes, em diferentes momentos e situações. No ensino tradicional, tudo é apresentado de uma só vez, sem muita lógica... Achei muito mais agradável e muito mais pedagógico trabalhar assim” (Levino).

“... percebi que o conhecimento não é algo tão fácil de ser alcançado como até hoje tentaram nos fazer crer, e mesmo como ensinei muitas vezes...” (Nelsinho).

“Nunca me senti satisfeito com o ensino que ministrei no magistério, mas também não sabia o que fazer e onde buscar para melhorar isto. Agora, acho que tenho alguns dados para repensar a minha prática e propor algo melhor. O que me preocupa é onde buscar subsídios para este trabalho...” (Nelsinho).

“Achei muito importante o trabalho desenvolvido, principalmente porque é uma forma mais suave de lidar com assuntos complexos como a reprodução, que envolve conhecimentos de múltiplas áreas como citologia, histologia, anatomia e

fisiologia. Além destes aspectos, o curso nos trouxe outros conhecimentos que me pareceram importantes como, conhecer o pensamento de Aristóteles, saber um pouco sobre o surgimento da Ciência Moderna... eu nunca tinha lido nada sobre isso! Pela história é possível ampliar os horizontes do professor porque ele passa a conhecer o antes, compreender melhor o agora e entender que não vamos parar por aqui, mas que novas pesquisas surgirão podendo mudar o que temos hoje, o que ensinamos hoje. Além disso queria valorizar a modalidade como o trabalho foi desenvolvido. A questão da problematização foi fundamental para nos desequilibrar, para nos motivar... assim ficou muito mais gostosa e interessante a leitura e também a discussão nos grupos..." (Simone).

Estes depoimentos reforçaram o entendimento que explicitarei no início deste estudo, de que na formação de professores, precisamos transcender a reflexão crítica, sem contudo prescindir dela, construindo vivências pautadas em possibilidades de mudança. Esta perspectiva reserva um grande potencial, uma vez que os professores de um modo geral, na sua atuação profissional, procuram imitar o que lhes foi oportunizado vivenciar nos programas de formação. Esta conduta pôde ser observada nos planejamentos que elaboraram e parece sugerir que as pesquisas em Educação precisam chegar às salas de aula dos cursos de formação de professores com ênfase e frequência maior do que vem ocorrendo, para que mudanças sejam promovidas nos vários graus de ensino.

O estudo aqui desenvolvido não tem a pretensão de ser prescritivo, uma vez que resultou de uma parceria desenvolvida com um grupo de licenciandos do curso de Biologia da UnC - Campus de Concórdia, o que possibilitou refletir e dimensionar a prática educacional aqui relatada. Outras modalidades para a utilização da abordagem histórica no ensino deverão ser refletidas, experimentadas e anunciadas.

Contudo, um elemento que tem pesado negativamente na concretização deste esforço e se fez sentir no desenvolvimento do presente estudo, tem sido a dificuldade de localizar bibliografias que sejam acessíveis e adequadas a alunos e professores e que possam subsidiar trabalhos desta natureza. Pesquisas já realizadas sinalizam para esta deficiência. Este fator, ao mesmo tempo em que representa uma dificuldade, poderá ser encarado como um desafio, estimulando o desenvolvimento de novos estudos que poderão resultar na produção de materiais dedicados a subsidiar a prática docente, algo semelhante ao que tive a intenção de desenvolver no capítulo III desta dissertação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, P., et. al. Influência da História da Ciência no ensino de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 5 , p. 76-92, 1988. (número especial)
- ANDERY, M. A. et. al. **Para compreender a ciência**. Rio de Janeiro : Espaço e Tempo, 1988.
- ARANHA M. L., MARTINS M. H. **Filosofando**. São Paulo : Moderna, 1993.
- ASTOLFI, J. P., DEVELAY, M. **A didática das ciências**. São Paulo: Papyrus , 1991.
- BASTOS, F. **O conceito de célula viva entre os estudantes de segundo grau**. São Paulo : [s.n.], 1991. (Dissertação de Mestrado)
- BECKER, F. **A epistemologia do professor**. Rio de Janeiro : Vozes, 1993.
- BERNAL, J. D. **Ciência na história**. Lisboa : Livros Horizonte, 1976.
- BIZZO, Nélio. Historia de la ciencia y enseñanza de la ciencia: ¿ Qué paralelismos cabe establecer? **CL & E**, p. 5-14, 1993.

- _____. História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? Em **Aberto**, Brasília, n. 55, p. 29-35, 1992.
- BIZZO, N. M. V. **Meninos do Brasil** : idéias sobre reprodução, eugenia e cidadania na escola. São Paulo : [s.n.], 1994. (Tese de Livre Docência)
- BOIDO, G. Historia de la Ciencia y vida de la ciencia. **Revista de Enseñanza de la Física**, Argentina, v. 1, n. 1, 1985.
- BORGES, R. **A natureza do conhecimento científico e a educação em ciências**. Florianópolis : [s.n.], 1991. (Dissertação de mestrado)
- CARR, E. H. **Que é história?** Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1989.
- CARNEIRO, M. H. S. **Etude des representations dans le domaine de la reproduction et dum developpement**: construction progressive de ces concepts chez les enfants de l'ecole primaire de Brasilia - Brasil. Paris : [s.n.], 1992. (Tese de Doutorado)
- CARVALHO, A. M. P., PÉREZ, D. G. **Formação de professores de ciências**. São Paulo : Cortez, 1993.
- CASONATO, Osvaldo J. **A História das ciências no ensino das ciências da vida**. Florianópolis : [s.n.], 1994. (mimeo.)
- _____, Osvaldo J. Por um ensino de problemas científicos, não de disciplinas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.10, n.3, 1993.
- _____, Osvaldo J. **Tendências atuais do construtivismo no ensino de ciências**. Florianópolis : [s.n.], [19__]. (mimeo.),
- CASTILHO, N. **O professor de ciências naturais e o livro didático**. Florianópolis : [s.n.], 1995. (Dissertação de mestrado)
- CASTRO, R. S., CARVALHO, A. M. P. História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, 225-237, 1992.

CASTRO, S. V. **Anatomia fundamental**. São Paulo : McGraw-Hill, 1974.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo : Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. São Paulo : Moderna, 1994.

CICILLINI, Graça A. A história da ciência e o ensino de biologia. **Ensino em Revista**, Minas Gerais, v. 1, n. 1, 1992.

COSTA, M.C.V. Pesquisa em educação: concepções de ciência, paradigmas teóricos e produção de conhecimento. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n.90, p. 15-20, 1994.

CURY, C. R. J. **Educação e contradição**. São Paulo : Cortez, 1992.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. São Paulo : [s.n.], 1991. (Tese de Doutorado)

_____. **Formação inicial do professor de física**. Florianópolis : [s.n.], 1995. (mimeo.)

_____, ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo : Cortez, 1992.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1977.

_____. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1987.

_____, SHOR, I. **Medo e ousadia: o cotidiano do professor**. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1992.

GAGLIARDI, R. Cómo utilizar la História de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 291-296, 1988.

_____, GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 253-258, 1986.

GILOLO, J. Um convite à leitura de Georges Snyders. **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 1, n. 1, 1994.

GIORDAN, A. Interes didactico de los errores de los alumnos. **Enseñanza de las Ciências**, p. 11-17, 1985.

_____. **Historie de la biologie**. Paris : Lavoisier, 1987.

_____, VECCHI, G. **Los orígenes del saber**. Sevilla, [s.n.], [1988].

GUYTON, A. **Fisiologia humana**. Rio de Janeiro : Guanabara, 1988.

JACOB, F. **A lógica da vida: uma história da hereditariedade**. Rio de Janeiro : Graal, 1983.

JAPIASSU, H. **As paixões da ciência**. São Paulo : Letras & Letras, 1991.

JUNQUEIRA, L. C., CARNEIRO, J. **Histologia básica**. Rio de Janeiro : Guanabara, 1990.

KRASILCHIK, M. **Perspectivas no ensino de biologia**. São Paulo : [s.n.], 1992. (mimeo.)

LACOMBE, Genevière. Pur l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement dum second cycle. **Aster**, Paris, n. 5, 1987.

LARANJEIRAS, Cássio C. **Redimensionando o ensino de Física numa perspectiva histórica**. São Paulo : [s.n.], 1994. (Dissertação de Mestrado)

LANGEVIN, P. O valor educativo da história das ciências. In: GAMA, Ruy (org). **Ciência e técnica** : antologia de textos históricos. São Paulo : Queroz, 1993.

LEWIN, A. M. et. al. Algunos criterios importantes a tener en cuenta en la formación de profesores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1-4, 1993.

- LIBÂNEO, J. C. **Democratização da escola pública.** São Paulo : Loyola, 1985.
- LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação.** São Paulo : Cortez, 1993.
- MAIA, N. F. **A ciência por dentro.** Rio de Janeiro : Vozes, 1991.
- MATTHEWS, M. R. Historia, filosofia y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994
- MAZZILLI, M. A. **Formação continuada de professores de ciências: descrição e análise de uma experiência do centro de ensino de ciências e matemática de Minas Gerais.** São Paulo : [s.n.], 1994 (Dissertação de Mestrado).
- MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.10, n.2, 1993.
- OLIVEIRA, V. Natureza da ciência e formação inicial dos professores de física e química. **Revista de Educação**, v.3, n.1, 1993.
- PÉREZ, D. G. Contribucion de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993
- PIVETEAU, J (org.). **Oeuvres philosophiques de Buffon.** Paris : Presses Universitaires de France, 1954.
- PRAIA, CACHAPUZ. Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 350-354, 1994
- RADL, E. **História de las teorías biológicas.** Madrid : Alianza Editorial, 1988. 2 v.
- ROBILOTA, M. R. O cinza, o branco e o preto - da relevância da História da Ciência no ensino da física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 5, p. 7-19, 1988. (número especial)

- SÁNCHEZ, J. M. Usos y abusos de la história de la Física en la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, 179-188, 1988.
- SANDOVAL, J. S., CUDMANI, L. C. Epistemología e historia de la física en la formación de los profesores de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1-4, 1993.
- SANTOS, M. E. **Mudança conceitual na sala de aula**. Lisboa : Livros Horizonte, 1991.
- SAVIANI, D. **Escola e democracia**. São Paulo : Cortez, 1988.
- SCHNETZLER, R. P. Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores de química. **Cadernos ANPED**, n. 6, 1994.
- SIMÕES, A. A. **A concepção dialética do conhecimento e o ensino de física**. São Paulo : [s.n.], 1994. (Dissertação de Mestrado).
- SNYDERS, G. **Alegria na escola**. São Paulo : Manole, 1988.
- SONCINI, M. I., CASTILHO, M. **Biologia**. São Paulo : Cortez, 1991.
- TRIVELATO, J. **Noções e concepções de crianças e adolescentes sobre decompositores: fungos e bactérias**. São Paulo : [s.n.], 1993. (Dissertação de Mestrado)
- VANDER, A. et. al. **Fisiologia humana**. São Paulo : McGraw-Hill, 1981.
- VIANNA, D. M. et al. Pode o ensino de física modificar a concepção de ciência do futuro professor de 1º segmento do 1º grau? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 11, n. 2, 1994.
- VILLEE, Claude A. **Biologia**. 7. ed. Rio de Janeiro : Interamericana, 1979.
- ZANETIC, J. **Física também é cultura**. São Paulo : [s.n.], 1989. (Tese de doutorado).
- ZYLBERSZTAJN, A., PEDUZZI, L., MOREIRA, M. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a História da Ciência numa seqüência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 14, n. 4, 1992.

- ANEXOS -

- ANEXO 1 -

O PENSAMENTO ARISTOTÉLICO E SUAS IMPLICAÇÕES NA CIÊNCIA DA IDADE MÉDIA

Aristóteles [384 - 322 a.C.], discípulo de Platão, afastou-se da Academia após a morte do Mestre e fundou em Atenas uma escola rival de filosofia, o Liceu. Aristóteles veio a ocupar um lugar central na história da ciência. Seus grandes contributos deram-se na lógica, na física, na biologia e nas ciências humanas. Foi o primeiro grande enciclopedista, e tentou propor explicações para todos os aspectos da natureza e da vida humana que interessavam no seu tempo. Construiu seu mundo físico à imagem e semelhança de um mundo social ideal, em que a subordinação é o estado natural. Em tal mundo, tudo o que existe conhece o lugar que lhe compete, e na generalidade dele se conserva.

A idéia guia da biologia aristotélica é a de que tudo na natureza se esforça para alcançar o máximo de perfeição e que o consegue em graus diferentes. Esta idéia levou Aristóteles a estabelecer uma escala na natureza, onde os minerais se encontram em degrau inferior, seguidos das plantas, depois de animais cada vez mais perfeitos, até finalmente atingir o homem, que ocupa o ponto mais alto da escala. Não está presente aqui o entendimento de evolução, mas sim, a idéia de Aristóteles de que nada no mundo realmente se transforma, mas que as espécies seriam marcos eternamente fixados de perfeição ou imperfeição.

Desta maneira, o mundo e o universo visto por Aristóteles e que acabou por imperar no mundo ocidental por quase vinte séculos, eram finitos, hierarquizados, governados pela finalidade de onde imperam as diferenças qualitativas.

No homem, como em todo o ser vivo, corpo e alma compunham uma unidade. A alma garantia a vida, a realização das funções vitais; a alma era a forma, enquanto o corpo a matéria que precisava dessa forma para tornar-se em atos. Era a forma, ou a alma, que dava vida, que emprestava finalidade aos corpos animados. Portanto, como não se podia pensar em matéria destituída de forma, também o contrário era sem sentido. Assim, todo o ser vivo era

portador de uma alma. Nas plantas, a alma lhes permitia a nutrição e a reprodução [função nutritiva]. Os animais inferiores tinham ainda, pelo menos, alguns sentidos e a capacidade de mover-se para nutrir-se e reproduzir-se. A alma humana, além de todas essas capacidades, tinha a faculdade da razão [função pensante]. Essa faculdade, envolvia para Aristóteles, tanto a capacidade de intuir verdades - a mais superior de todas elas - como as cognitivas e intelectivas, que lhe permitiam deliberar, deduzir e raciocinar.

Ao descrever o processo de obtenção do conhecimento científico, Aristóteles não exclui a observação, assim como a indução, o que é indicativo de uma menor desconfiança por parte de Aristóteles, dos dados sensíveis. No entanto, indubitavelmente, Aristóteles atribuía muito maior importância e considerava como fundamental não a experiência, mas o raciocínio, e como forma de raciocínio não a indução, mas a dedução por silogismo. O conhecimento científico e cada ciência em particular, assumiam assim, o caráter de um conhecimento de verdades demonstradas.

Assim, com a concepção aristotélica de conhecimento como um conjunto de verdades imutáveis demonstradas, quase reveladas, também sua concepção de mundo e de sociedade traz a marca da contemplação de algo que não deve ser submetido a transformações, de algo que é e deve permanecer como tal para que se mantenha o equilíbrio já existente.

O pensamento aristotélico discordava das concepções mais alargadas de cidadania e propunha restringir o estatuto da cidadania a indivíduos completamente liberados do trabalho manual, excluindo assim, artesãos e lavradores. Apenas aos cidadãos estava reservada a prática da virtude, que precisava ser exercitada para que se desenvolvesse a política. O trabalho manual devia ser executado por escravos completamente submetidos a seus senhores. Os escravos eram vistos como possuidores de almas diferentes - aptos ao trabalho e à servidão.

A mulher e o homem são vistos em Aristóteles, com ampla distinção. Afirma que o homem ou "macho" deve estar separado tanto quanto possível da fêmea, pois, há nele algo de melhor, de mais divino, sendo ele o princípio do movimento dos seres engendrados, enquanto que a fêmea não passa de sua matéria. O macho é a forma, a fêmea é a matéria. Mas o macho não é superior apenas pelas suas capacidades gerativas; ele é superior, sobretudo, pela mais importante das faculdades, a do entendimento e do

raciocínio. Assim, afirma Aristóteles, a relação macho e fêmea é uma relação de superior a inferior, de governante a governado...

A influência de Aristóteles não foi importante apenas no período imediatamente posterior a ele. Por muitos séculos, até o Renascimento [séc. XV], sua visão de mundo, suas explicações e sua proposta metodológica imperaram como modelo de ciência. Sua influência é vista por muitos como tendo sido desastrosa e como tendo servido de freio a novas e mais corretas concepções e explicações. Porém, Aristóteles representou indiscutivelmente um imenso avanço na discussão do processo de conhecimento, abordando problemas que são centrais à construção do conhecimento científico.

Aristóteles construiu um paradigma, um sistema capaz de dar conta de todas as áreas do conhecimento humano, mesmo que tal referencial implicasse numa concepção de ciência contemplativa, de método como atividade quase exclusivamente teórica de conhecimento.

Trechos selecionados das obras de:

ANDERY, M. A. *Para compreender a ciência*, 1988, pag. 82 a 101.

BERNAL, J. D. *Ciência na história*, 1976, vol. 1, pag. 217 a 219.

JAPIASSU, H. *As paixões da ciência*, 1991, pag. 32 e 33.

- ANEXO 2 -

A TRANSIÇÃO PARA A CIÊNCIA MODERNA

Na ciência grega, o modelo de produção escravista determina uma concepção de ciência puramente contemplativa e desligada das preocupações com a técnica. Isso se explica pela desvalorização do trabalho manual, ofício de escravos. Também na Idade Média a situação não é muito diferente, pois as classes antagônicas são constituídas pelos senhores e servos da gleba: nobres guerreiros e servos laboriosos. Mas a situação se altera com o advento da nova classe comerciante emergente, a burguesia, saída dos burgos formados nos arrabaldes das cidades por antigos servos, que com seu trabalho, compravam a liberdade, desobrigando-se da obediência aos senhores feudais.

Então, o valor do novo homem que surge se encontra não mais na família ou linhagem, mas no prestígio resultante do seu esforço e capacidade de trabalho. O modo de produção que começa a vigorar é o capitalista, e com ele se dá a superação dos valores medievais. À classe ociosa, opõe-se o valor do trabalho, à riqueza baseada em terras, opõe-se o valor da moeda, dos metais preciosos, da produção manufatureira em crescimento, da procura de outras terras e mercados.

O renascimento científico deve ser compreendido, portanto, como a expressão da nova ordem burguesa. Os inventos e descobertas são inseparáveis da ciência, já que, para o desenvolvimento da indústria, a burguesia necessitava de uma ciência que investigasse as forças da natureza, para dominá-las e usá-las em seu benefício. A ciência não é mais cerva da teologia, deixa de ser um saber contemplativo, formal e finalista, para que indissolavelmente ligada à técnica, possa servir à nova classe.

Desde o Renascimento [1440 - 1540], a religião, suporte do saber, vinha sofrendo diversos abalos com o questionamento da autoridade papal, o advento do protestantismo e a conseqüente destruição da unidade religiosa. Ao critério de fé e de revelação, o homem moderno opõe o poder exclusivo da razão de discernir, distinguir e comparar. Ao dogmatismo, opõe a possibilidade da dúvida e desenvolvendo a mentalidade crítica, questiona a autoridade da

Igreja e o saber aristotélico, assumindo uma autêntica polêmica frente à tradição.

Em oposição ao saber contemplativo, surge uma nova postura diante do mundo. O conhecimento não parte apenas das noções e princípios, mas da própria realidade observada e submetida a experimentação. Da mesma forma, o saber deve retornar ao mundo para transformá-lo. Dá-se a aliança da ciência com a técnica. Nunca antes na história da humanidade, o saber fora tão fecundo, nem desenvolvera semelhante capacidade de transformação da realidade pela técnica.

A anatomia, desde o século XVI, tivera a contribuição de Vesálio, que, desafiando a proibição religiosa de dissecação de cadáveres, consegue desenvolver um estudo mais objetivo do corpo humano. Há que se reconhecer ainda no período renascentista, a grande contribuição obtida dos artistas e artesãos, desenvolvendo o interesse pela natureza e pela anatomia humana, empregando as representações em perspectiva. Este domínio auxiliou na preparação dos desenhos e representações de anatomia e fisiologia, sobre tudo, de figuras em movimento.

Os homens do Renascimento, apesar de não terem encontrado soluções para a maioria dos problemas que levantaram, tiveram o mérito, pelo menos, de abrir caminho para a sua solução durante a grande luta de idéias do século seguinte. Pelo contrário, na aplicação prática da ciência, o Renascimento foi uma época decisiva.

Dentre os avanços tecnológicos é possível destacar o microscópio, que veio abrir o mundo das coisas muito pequenas a um grande número de observadores seiscentistas tais como Malpighi, Hooke, Swammerdam, Leeuwenhoek. Insetos, secções de plantas, pequenas criaturas que vivem na água, bactérias, espermatozóides, tudo foi observado e se transformou em objeto de maravilha, de especulação e de discussão.

Desta maneira, não é de se estranhar que a partir da segunda metade do século XVI houvessem homens com competência técnica e intelectual capazes de questionar o paradigma aristotélico. O caldo cultural da Europa pós-Idade Média oferecia as condições para uma ruptura na forma de produção de conhecimento. Ruptura que estaria em gestação, da mesma

maneira que a ruptura ocorrida no sistema econômico, ou seja, a transição do feudalismo para o capitalismo.

Trechos selecionados das obras de:

ARANHA, M. L. *Filosofando*, 1994, pag. 148 e 149.

BERNAL, J. D. *Ciência na História*, 1976, vol. II, pag. 466 e 467.

DELIZOICOV, D. *Conhecimento, tensões e transições*, 1991, pag. 80 a 89.