

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

**A PRODUÇÃO COLETIVA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UM EXEMPLO NO
ENSINO DE GENÉTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Educação

Autora: Raquel Crosara Maia Leite
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nadir Ferrari
Co-orientador: Prof. Dr. Demétrio Delizoicov

Florianópolis, fevereiro de 2004

DEDICATÓRIA

Ao Marcelo, ao Pedro e à Shirley,
pelo amor, carinho, incentivo,
compreensão e apoio que sempre
me deram.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram para que eu pudesse realizar este trabalho e especialmente agradeço:

À professora Nadir Ferrari, pela sua orientação responsável e segura, pelo profissionalismo, empenho e estímulo, pela dedicação e confiança e por quem tenho imensa admiração e carinho.

Ao professor Demétrio Delizoicov, que enriqueceu este trabalho com valiosas sugestões e que reconheço como sendo um grande “feiticeiro”.

Ao professor Arden, pela orientação na fase inicial do doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Aos docentes do PPGE da UFSC, pelo profissionalismo e competência, especialmente representados pelos professores Bazzo, Angotti, Peduzzi, Lúcido, Edel e Maria Célia.

Aos colegas do curso de doutorado Carlos, Cláudia, Yara e Márcia, pelo convívio nesta jornada compartilhada e à Iône e Mary pelo carinho e amizade nesta caminhada “*côte a cote*”.

Às professoras do NUEG Sylvia e Vivian pelo incentivo, pelas discussões acadêmicas e pelo “chazinho intelectual”.

À Rita, funcionária do COMUT, Janaína, Juliana e Márcia Augusta pelo auxílio na coleta de material bibliográfico

À minha família e aos meus bons amigos de Florianópolis e de Fortaleza, pelo incentivo e carinho.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
APRESENTAÇÃO	1
Estrutura Da Tese.....	2
CAPÍTULO 1 - CIÊNCIA: CONCEPÇÕES, HISTÓRIA E ENSINO	5
1.2 Ensino de Genética	11
CAPÍTULO 2 - A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	15
2.1 Concepções Sobre a Natureza da Ciência	15
2.2 Teorias sobre o Conhecimento Científico.....	29
2.2.1 Empirismo	29
2.2.2 Teorias Construtivistas sobre a Natureza da Ciência	32
2.3 Ludwik Fleck: Uma Opção Epistemológica.....	37
2.3.1 Fleck e a Pesquisa em Ensino de Ciências	39
CAPÍTULO 3 - HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS.....	57
3.1 A História da Ciência	57
3.2 A Presença da História da Ciência na Educação Científica	74
3.3 A Presença da História da Ciência nos Livros Didáticos de Ciências e Biologia.....	88
CAPÍTULO 4 - OS LIVROS DE GENÉTICA UTILIZADOS NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE BIOLOGIA	107
4.1 Idéia de continuidade e de acumulação de conhecimento; historia linear, como uma cronologia de resultados positivos, ufanista.....	113
4.2 - História centrada em heróis; “descobertas” apresentadas como resultado de atividade de uma pessoa e que resultam da acumulação de experiências.....	121
4.3 Presença de anedotas e descobertas sem contextualização, ausência de ligação entre ciência e sociedade	126
4.4 Visão da ciência ligada ao empirismo indutivista.....	131

4.5 Considerações sobre os livros de genética analisados	140
CAPÍTULO 5 - A PRODUÇÃO COLETIVA DO CONHECIMENTO: O CASO DE MENDEL	144
5.1 Quem Foi Gregor Mendel?	146
5.2 A Herança antes de Mendel.....	151
5.3 Como eram a Morávia e a cidade de Brünn	154
5.4 Cultivadores e Híbridos	158
5.5 A origem agrícola de Mendel.....	162
5.6 Mendel cientista	163
5.7 Os Físicos	165
5.8 Influências das disciplinas da área biológica	167
5.9 Apicultor.....	174
5.10 Meteorologista.....	175
5.11 O Monge Agostiniano.....	175
5.12 A repercussão do trabalho de Mendel.....	178
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	189
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	194
ANEXOS	211

RESUMO

Na educação científica, a História da Ciência contribui para a superação de concepções inadequadas de Ciência, auxilia na compreensão dos conteúdos e estimula o desenvolvimento de pensamento crítico. Baseado nisso, este trabalho teve como objetivo valorizar a dimensão histórica e a análise epistemológica para destacar o processo de construção do conhecimento científico, visando superar a concepção empirista da Ciência, ainda predominante na educação científica. Para isso, investiguei qual visão de Ciência e que perspectiva histórica estava presente nos livros de Genética utilizados na formação de professores de Biologia. Percebi que os livros contribuem para a manutenção da concepção ligada ao empirismo-indutivista, que apresentam o desenvolvimento do conhecimento científico mediante uma história linear, cumulativa, que não fazem referências ao contexto social, econômico e político. Baseada nos referenciais teóricos de Ludwik Fleck, realizei uma discussão epistemológica sobre o episódio da história da Ciência relativo a Gregor Mendel e seus experimentos com ervilhas. O convívio de Mendel com diferentes coletivos de pensamento propiciou que ele encarasse de maneira original o problema da hereditariedade. Nessa análise, considerei o contexto sócio, econômico e político deste período histórico. Essa análise contribui para a superação da visão empirista-indutivista, ao destacar que além da observação dos dados empíricos, outros elementos estão presentes na construção do conhecimento científico. Considero que é necessário que os cursos de formação (inicial e continuada) de professores de Ciência propiciem momentos de reflexão e discussão das concepções da natureza da Ciência e de estudo de temas da Filosofia e da História da Ciência.

ABSTRACT

In scientific education, misconceptions of Science have been overcome with the contributions of the History of Science. These contributions have also helped to understand contents and have stimulated the development of the critical thinking. Based on what was said above, this research aimed at increasing the value of the historical dimension and the epistemological analysis in order to highlight the construction process of the scientific knowledge, seeking to overcome the empiricist conception of Science, still predominant in scientific education. In order to accomplish these objectives, we have investigated the view of Science and the historical perspectives, which were present in the Genetics textbooks used in Biology teacher's training. We could notice that the referred textbooks contribute to the maintenance of the empiricist-inductive conception, through which the development of the scientific knowledge is shown in a linear and cumulative History, and do not refer to the social, economic and political context. Based on the theoretical references of Ludwik Fleck, we conducted an epistemological discussion about the History of Science episode concerning Gregor Mendel and his experiments with peas. Mendel's experiences with different collective of thinking provided his original way of facing to the matter of heredity. The socio, economic and political context of the historical period is considered in this analysis, contributing to overcome the empiricist-inductive view, highlighting that, beyond the investigation of empirical data, other elements may be present in the construction of scientific knowledge. We consider it is necessary that Science teachers offer moments of reflection and discussion about possible conceptions of the nature of Science, as well as include the study of Philosophy topics and the History of Science in teacher's training courses.

APRESENTAÇÃO

Desde a época em que cursava o segundo grau e no decorrer de meu curso de graduação (Licenciatura em Ciências – Habilitação em Biologia), os conteúdos de Genética sempre despertaram meu interesse. Como professora de Ciências Naturais do ensino fundamental em escolas públicas, pude perceber que meus alunos também se mostravam interessados pelos temas relacionados à Genética. No mestrado (LEITE, 1998), a pesquisa que desenvolvi sobre avaliação de currículo de Ciências, apontou que a proposta curricular de Ciências do Estado do Ceará era pouco conhecida pelos professores. O livro didático era utilizado para orientar a prática pedagógica do professor (para planejamento, escolha e seqüência de conteúdos). Uma relação de dependência entre docente e livros era estabelecida. Nas aulas de Ciências, a ênfase recaía sobre a memorização dos conteúdos e poucas situações referiam-se ao cotidiano do aluno. Apesar do baixo rendimento dos alunos, eles declararam que gostavam da disciplina Ciências. A revisão de literatura indicava que a formação inadequada do professor era apontada, em conjunto com outras causas, como uma das fontes dos problemas ligados ao ensino de Ciências. Os professores apresentaram uma posição tradicionalista em relação ao ensino desta disciplina e entendiam que o espaço especial das Ciências era o laboratório. Também havia uma certa postura dogmática em relação aos seus conteúdos.

No curso de doutorado, houve a possibilidade de trabalhar com um tema ligado à área do conhecimento pela qual eu ainda mantinha grande interesse, a Genética, e conciliá-lo com a pesquisa sobre o ensino de ciências (ensino de

genética). O projeto originalmente era relacionado ao cotidiano do aluno e ao ensino de ciências, porém, ao longo dos primeiros meses de curso, as disciplinas oferecidas, a elaboração de trabalhos, as participações em discussões e debates, a revisão bibliográfica (que estava em andamento), principalmente o contato com textos ligados à história da genética e as discussões que envolviam a origem e o desenvolvimento do conhecimento científico e o “descobrimento” da epistemologia fleckiana fizeram com que eu repensasse o trabalho que iria desenvolver, e deste modo, o projeto foi alterado.

Estabeleci que o tema abordado em minha tese estaria ligado à utilização da História da Ciência como elemento que contribui para superar a concepção empirista predominante na educação científica e que focalizaria a investigação na área da Genética, sua história e seu ensino. A seguir, exponho a forma como organizei a apresentação do trabalho de tese.

Estrutura Da Tese

Organizei a tese em seis capítulos, e a seguir apresento o conteúdo abordado em cada um deles, com a intenção de proporcionar uma visão geral do trabalho.

No capítulo 1 (CIÊNCIAS: CONCEPÇÕES, HISTÓRIA E ENSINO), exponho os objetivos da tese, apresento em linhas gerais como realizei a investigação e traço um quadro geral do ensino de genética.

No capítulo 2 (A NATUREZA DA CIÊNCIA), resgato alguns trabalhos que fazem referência à concepção de natureza da ciência (CNC), bem como apresento

as principais teorias sobre o conhecimento científico. Destaco, entre elas, a concepção epistemológica de Ludwik Fleck, a qual apresento a partir das pesquisas realizadas no Programa de Pós-Graduação em Educação da UFSC.

No capítulo 3 (HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS), faço breve apresentação do desenvolvimento do campo de pesquisa em História da Ciência. Apresento os argumentos e críticas relativas à utilização da perspectiva histórica na educação científica. Abordo a presença da dimensão histórica nos livros didáticos do ensino básico. Nesse capítulo, ressalto que este trabalho pertence ao campo de pesquisa em Ensino de Ciências, mas que utiliza fontes advindas da área da História da Ciência.

No capítulo 4 (OS LIVROS DE GENÉTICA UTILIZADOS NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE BIOLOGIA), apresento os critérios que utilizei para realizar a análise sobre a dimensão histórica e a concepção de Ciência presente nos quatro livros de genética selecionados. Neste capítulo, faço a apresentação da análise destes livros feita a partir de quatro categorias de análise construídas neste trabalho.

No capítulo 5 (A PRODUÇÃO COLETIVA DO CONHECIMENTO: O CASO DE MENDEL), apresento o desenvolvimento do conhecimento científico relacionado à Genética, relativo ao período em que Mendel viveu. Utilizo a epistemologia de Fleck como referencial para a análise, destacando principalmente as categorias de coletivo de pensamento, estilo de pensamento e circulação intercoletiva de idéias.

No capítulo 6 (CONSIDERAÇÕES FINAIS), apresento as considerações finais deste trabalho, ao que se segue a relação de obras literárias mencionadas e estudadas para embasar a tese.

CAPÍTULO 1

CIÊNCIA: CONCEPÇÕES, HISTÓRIA E ENSINO

A Genética tem tido um progresso vertiginoso e sua posição tem sido destacada em relação a outras áreas do conhecimento científico. O número de pesquisadores e trabalhos produzidos na área vem crescendo a cada dia. Este campo da Ciência, que tem seu marco inicial no ano 1900, a partir da “redescoberta” do trabalho de Mendel, de 1865, é tido por alguns autores como “*a mais básica de todas as disciplinas biológicas*” (MAYR, 1998, p. 702) e o campo fundamental da Biologia (MOORE, 1985). O modelo da dupla hélice para o DNA, proposto por Watson e Crick, em 1953, foi considerado por alguns cientistas como a “*maior descoberta científica isolada do século XX*” (WILKIE, 1994, p.15). Relaciona-se a este campo um dos projetos mais ambiciosos, o Projeto Genoma Humano, que recebe grandes recursos financeiros, tem tido grande repercussão entre os cientistas e governantes, bem como vem atraindo grande atenção da mídia e do público leigo. O seqüenciamento do genoma humano é tido como o “Santo Graal”, o “livro da vida”, manual do homem, código dos códigos (DAVIES, 2001) e dá a dimensão da expectativa criada em torno deste empreendimento, que faz com que já se diga que o século XXI será conhecido como o século do gene (WILKIE, 1994). O gene está sendo idolatrado, mitificado, quadro que Hubbard (1999) denomina de “genomania”, panorama que revela um reducionismo ao encarar o ser humano como a mera expressão do seu genoma.

Neste contexto, os temas relacionados à Genética passaram a ocupar grande espaço na mídia, aparecendo em capas de revistas, manchetes de jornais, noticiários de televisões, roteiros de filmes (por exemplo, Gattaca, O 6º dia). Principalmente após a divulgação do clone de ovelha “Dolly”, em 1997, as tecnologias ligadas à Genética - clonagem, organismos geneticamente modificados, projeto genoma, testes genéticos, terapia genética - estão sendo discutidas, debatidas, ou mesmo combatidas, tanto pelos pesquisadores quanto pelo público leigo. Se por um lado as pesquisas em Genética e Biotecnologia estão se intensificando, por outro, a discussão sobre aonde levarão estes novos conhecimentos, sobre os aspectos morais e éticos envolvidos, também está em pauta. Para evitar, porém, que a Genética seja considerada um novo dogma e viabilizar a idéia de que o público leigo e a sociedade em geral possam efetivar sua participação nas discussões destas questões e dar sua opinião, junto aos cientistas, deve ocorrer um entendimento maior sobre esta área de saber (seus conceitos e o processo de construção de seu conhecimento).

Conteúdos ligados à Genética têm despertado grande interesse por parte dos estudantes que, freqüentemente, recebem informações de forma sensacionalista e distorcida através da mídia. Diante dos questionamentos dos alunos, os professores procuram se informar e se preparar para sanar as dúvidas. Os docentes, no entanto, não se sentem preparados para lidar com temas ligados às novas abordagens da Genética (tecnologia do DNA recombinante, clonagem, transgênese), sendo estes temas apontados como os de maior grau de dificuldade para seu trabalho pedagógico, segundo a pesquisa realizada por Justina (2001) com professores do

ensino médio da rede de ensino público de Santa Catarina que participavam do Pró-Ciências da UFSC.

Scheid (2001), em sua dissertação de mestrado, realizou uma pesquisa com graduandos do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da UNIJUI – *Campus* de Santo Ângelo (RS) e apontou que estes alunos se sentiam inseguros para ensinar Genética. Esta insegurança estaria relacionada à visão positivista e estática da Ciência que eles apresentavam, que dificultaria a compreensão da dinâmica da construção do conhecimento da Genética diante dos avanços que vêm ocorrendo neste campo. Esta postura se faria presente na prática pedagógica desses futuros professores. A autora afirma que entender a história e o contexto em que os conceitos da Genética surgiram, bem como compreender os conceitos fundamentais e os métodos desta disciplina, auxiliariam os graduandos a se sentirem mais seguros.

Com este trabalho espero colaborar com a reflexão sobre o emprego da História da Ciência no ensino da Genética, na tentativa de superar uma postura fragmentada, a-histórica e linear na apresentação de seus conceitos.

Assim, o objetivo deste trabalho é contribuir para a melhoria do ensino de Ciência, particularmente da Genética, mediante a valorização do uso da perspectiva histórica e da análise epistemológica, para destacar elementos presentes no processo de construção do conhecimento científico, visando assim colaborar para a superação da concepção de natureza da Ciência predominante na educação científica. Junta-se a este objetivo investigar se os livros utilizados nos cursos de formação de professores de Biologia contribuem para a persistência desta postura.

Para isso, investigo a visão de Ciências e a perspectiva histórica presentes nos livros de genética utilizados nas disciplinas obrigatórias da área de Genética¹ do curso de graduação em Ciências Biológicas da UFSC, que forma bacharéis e professores de Biologia.

Para a análise epistemológica realizada a partir de estudos históricos, recorri a um caso da história da Genética referente à apresentação do artigo de Gregor Mendel. Escolhi esse episódio porque, geralmente, o ensino de Genética é introduzido a partir das leis mendelianas, apresentadas como resultado direto da observação e dos resultados de experimentos realizados em ervilhas por um pesquisador isolado, o monge Mendel. Este modo de apresentação do conhecimento liga-se a uma postura empirista.

O referencial teórico que utilizei para a análise do desenvolvimento do conhecimento científico na genética foi a epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961). Fleck, em seu modelo para construção do conhecimento, valoriza os aspectos da História, do contexto social e econômico. Apesar de não desvalorizar a contribuição individual, ele considera que o conhecimento é um processo coletivo, resultado da interação do sujeito com o objeto, mediada pelo estado do conhecimento. Este último elemento está intimamente ligado ao *estilo de pensamento* compartilhado pelo *coletivo de pensamento* no qual está inserido o sujeito. O *estilo de pensamento* determina a maneira de pensar de um *coletivo* em um dado momento histórico. Fleck acentua que o processo de formação é um elemento que introduz os indivíduos no *coletivo de pensamento*. Os iniciantes em

¹ As disciplinas obrigatórias desta área são: Genética I (Genética Molecular e de Microorganismos); Genética II: Genética Básica e de Populações); Citogenética .

um coletivo são preparados, treinados, doutrinados a olhar o “mundo”, elaborar problemas e buscar as respostas em sintonia com o *estilo de pensamento*, ou seja, trazendo para nosso caso, no âmbito do ensino, a maneira de um professor realizar a sua prática pedagógica está ligada ao seu processo de formação. Esse autor também reflete sobre como acontece o desenvolvimento do estilo de pensamento (instauração, extensão e transformação), os elementos que podem levar a modificações do estilo de pensamento (circulação intercoletiva de idéias, complicações) e sobre as proto-idéias. Fleck publicou seus trabalhos em epistemologia no final da década de 1920 e na década de 1930, sendo que eles obtiveram pouca repercussão.

A utilização de Fleck como referencial teórico contribui para o enriquecimento deste campo de pesquisa em educação. Atualmente vários trabalhos na linha de pesquisa em Ensino de Ciência têm buscado como referencial teórico as idéias de Fleck (DA ROS, 2000; CUTOLO, 2001; Nadir DELIZOICOV, 2002; ARAÚJO, 2002; LIMA 2003), porém, na pesquisa sobre ensino de genética, prevalecem os trabalhos que utilizam como referência Bachelard (como de JUSTINA, 2001; CASONATO, 1992) e Kuhn (RESNIK, 1997).

O estudo da Epistemologia e da História da Ciência desempenha papel fundamental na superação da concepção positivista, empirista e estática da Ciência, que é um dos obstáculos presentes na educação científica. Contribui para superar este obstáculo, compreender como acontece a construção do conhecimento científico e como a Ciência se desenvolve. Assim, é necessário criar momentos de reflexão para que os professores fiquem cientes de suas próprias concepções sobre

a natureza da Ciência e quais as possíveis conseqüências que estas podem trazer à sua postura em sala de aula.

A reflexão sobre a natureza da Ciência é útil para explicitar o entendimento do professor de como se desenvolve o conhecimento que ele pretende trabalhar e “ensinar”. Tal atitude pode auxiliar a evitar a mistificação e dogmatização da Ciência e de seu ensino. Deste modo, considero que, além de buscar conhecimentos sobre o conteúdo específico que irá ensinar, sobre metodologias de ensino que auxiliem sua prática em sala de aula, o professor das disciplinas científicas também deveria refletir sobre a produção do conhecimento científico.

Conhecer o desenvolvimento histórico da Ciência contribui para a mudança de postura dos professores em sala de aula, o que pode evitar o dogmatismo e a disseminação da concepção positivista da ciência. Considero como hipótese que os professores (particularmente os de Biologia) não fazem uso da História da Ciência porque não a conhecem, por terem pouco ou nenhum contato com ela durante a sua formação. Entre as fontes de informação que possibilitam o acesso à História da Ciência e podem contribuir para o entendimento de uma perspectiva histórica do conhecimento científico estão os livros e manuais didáticos. Por isso, neste trabalho analiso como a dimensão histórica é tratada nos livros utilizados nas disciplinas da área de Genética no Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

1.2 Ensino de Genética

Ao mesmo tempo em que pode contribuir para a alfabetização científica, a Genética estimula o desenvolvimento do raciocínio lógico, pois é uma disciplina que apresenta princípios e leis bem desenvolvidos. Para evitar, no entanto, tomar seus conceitos como dogmas, o ensino de Genética deve ser orientado por uma “*abordagem questionadora*” (GRIFFITHS,1993). É importante ter acesso aos conhecimentos sobre a Genética, questionar suas aplicações e até mesmo os procedimentos que envolvam a construção deste conhecimento (por exemplo, experimentos em que ocorram manipulações de embriões humanos). Como salienta Hubbard (1999), devemos estar bem informados para não ficarmos passivos ou nos posicionarmos como vítimas. Só a informação, porém, não é o suficiente. É preciso entender conceitos básicos para analisar e discutir estas informações.

Ao ensinar Genética e discutir temas relacionados a ela, devemos nos lembrar, como alerta Fourez (1997), de evitar a confusão entre os domínios técnico, ético e político. Não podemos substituir as deliberações éticas e políticas pelas reflexões técnicas, o que poderia nos levar em direção a uma cultura tecnocrática².

A discussão de temas de Genética e de Biotecnologia deve servir para alertar contra o risco de que os avanços destas áreas estimulem a crença de que serão a “salvação da humanidade”. É preciso cautela para discutir os riscos e conseqüências da utilização das novas tecnologias e refletir se o preço a ser pago não será muito

² O termo tecnocracia foi utilizado por Neil Postman em seu livro *Tecnopólio* (1994) e visa a caracterizar um estágio da sociedade em que as ferramentas e a busca pelo seu desenvolvimento desempenham papel central, atacando a cultura para se tornarem a própria cultura, e, deste modo, ameaçam a tradição, os costumes sociais, os mitos, a política e a religião.

alto, mas é necessário evitar uma postura catastrófica e considerar os aspectos positivos dos avanços da Genética e da Biotecnologia.

Apesar do interesse dos alunos por temas ligados à Genética, principalmente quanto a tópicos da Genética Humana durante as aulas, os estudantes demonstram pouco entendimento sobre as informações transmitidas sobre estes temas, como indicam os trabalhos de Trivelato (1988), realizado no Brasil, e de Wood-Robinson e colaboradores (1998), na Inglaterra e País de Gales.

Neste quadro, em que a presença dos temas da Genética no ensino ganhou importância, muitos trabalhos nesta área foram desenvolvidos. Bugallo Rogrigues (1995) realizou uma revisão bibliográfica sobre as pesquisas em ensino de Genética e apontou que na década de 1980 ocorreu um aumento das investigações relativas a Genética e que estas envolviam principalmente as concepções alternativas dos estudantes e as dificuldades na resolução de problemas de Genética. Os resultados destes trabalhos indicavam que as fontes de concepções alternativas e dificuldades estavam relacionadas ao uso de terminologia; à relação entre conceitos; à resolução de problemas e ao trabalho prático. Os especialistas em Didática de Ciências indicavam a necessidade de melhor compreensão dos conceitos básicos em Genética. Os trabalhos do final dos anos 1980 e início dos 1990 buscavam a relação entre conhecimento conceitual e as estratégias de resolução de problemas. Alguns faziam referência ao uso de simuladores. Os últimos trabalhos destacam a orientação para a aprendizagem significativa e buscam como conduzir a aprendizagem dos estudantes.

Os problemas persistem tanto ao que se refere à aprendizagem dos conteúdos quanto ao ensino de conteúdos ligados à Genética.

Um dos principais recursos didáticos utilizados pelos professores do ensino básico é o livro didático. Vários problemas em relação a este material são apresentados como a ênfase em termos, conceitos e definições, fragmentação de conteúdos e pouca referência à história do desenvolvimento do conhecimento científico. Os livros didáticos de Biologia do ensino médio geralmente apresentam os temas de Genética mediante uma postura baseada na acumulação do conhecimento. Quando tratam da História, esta aparece em forma de listas de “descobertas” importantes, apresentação de personalidades heróicas e geniais, como Gregor Mendel, sempre identificado como “pai da Genética”, e alguns acontecimentos anedóticos³. Estes livros podem ter sido elaborados tendo como referência os manuais utilizados no ensino superior, o que pode conduzir à idéia de que estas obras tampouco abordam a perspectiva histórica do desenvolvimento do conhecimento.

Em uma análise breve das coletâneas dos Encontros “Perspectivas do Ensino de Biologia” (I ao VIII EPEB), foi possível verificar que nos trabalhos que abordam o ensino de Genética e apresentam propostas para melhorar o entendimento dos conteúdos de Genética estas se relacionam a: utilização de jogos; realização de estudos dirigidos e aulas experimentais; inclusão de tópicos de Biotecnologia e Genética Humana; seleção de conteúdos ligados ao cotidiano dos alunos; emprego de notícias veiculadas na mídia. Destaco aqueles trabalhos que indicam que a

³ Os livros examinados foram AMABIS, J. M. e MARTHO, G.R., 1994; FONSECA, A, 1995; LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 1993; ALBUQUERQUE, (1993).

História da Ciência contribui como ensino de genética: Jannes e colaboradores (2000), Ferrari (2002) e Leite; e Ferrari (2002).

São escassos os trabalhos que relacionam a História da Ciência e o ensino de genética como os de Justina (2001), Justina e Ferrari (2000) e Lilian Martins (1998). Espero que esta tese possa contribuir para a reflexão sobre o emprego da História no ensino da Genética, na tentativa de superar uma postura fragmentada, a-histórica e linear na apresentação dos conceitos da Genética. Entendo que o estudo da genética pode auxiliar na concepção da imagem geral da Ciência, colaborando para a educação científica dos alunos e para a sua formação como cidadãos.

CAPÍTULO 2

A NATUREZA DA CIÊNCIA

2.1 Concepções Sobre a Natureza da Ciência

Atualmente, várias propostas têm sido elaboradas indicando que sejam abordados temas sobre natureza da Ciência na educação científica, tanto no âmbito do ensino básico quanto do ensino superior. Essas propostas se baseiam na suposição de que entender mais sobre a natureza da Ciência contribui para melhorar a alfabetização científica e a compreensão de conceitos científicos.

Referências à inclusão da natureza da Ciência na educação científica aparecem no Projeto 2061, proposto pela *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), de 1989; no *Nacional Science Education Standards* recomendado pelo *Nacional Reserch Council (NRC) of the Nacional Academy of Sciences*; no currículo nacional de ciências britânico (British National Curriculum) e nos currículos de algumas províncias canadenses (MOSS, et alii, 2001; MATTHEWS, 1998). Em sintonia com essa tendência, no Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) também fazem alusão à natureza da Ciência, ao indicar entre as competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos:

Compreender as ciências como construções humanas, entendo [sic] como elas desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade (BRASIL, 1999, p. 29).

Defendendo a abordagem de temas sobre a natureza da Ciência, Rudolph e Stewart (1998) argumentam que uma concepção de Ciência equivocada pode afetar o ensino da Teoria da Evolução pela seleção natural de Darwin e mesmo o ensino de Ciências em geral. Os autores apontam que, ainda hoje, no ensino de Ciências, prevalece uma postura ligada ao positivismo lógico, com grande ênfase na base empírica e que vê na Física o modelo para a Ciência (o que está longe de caracterizar a natureza diversa da Ciência). Essa postura se faz presente nos livros didáticos, no planejamento das atividades de laboratório e no currículo escolar, que apresentam uma imagem da prática científica baseada nos passos do método científico. Na opinião dos autores, é difícil explicar a validade da teoria de Darwin para quem apresenta esse tipo de concepção de Ciência (tanto professores de Ciências quanto alunos). Para um melhor entendimento da Teoria da Evolução, os autores discutem que seria aconselhável a aproximação com os recentes modelos epistemológicos de Ciência, que incluem na prática científica, além de elementos metodológicos, também elementos metafísicos e sociais. Os autores sugerem que a História da Ciência pode contribuir ao apresentar e proporcionar um entendimento das dificuldades existentes para a aceitação da proposta da seleção natural pelos contemporâneos de Darwin, que partilhavam de um modelo de Ciência baseado no empirismo e no raciocínio indutivo, e entendiam que conjecturas e hipóteses não passavam de especulações (apesar de Darwin apresentar evidências empíricas, porém indiretas).

O interesse em discutir e investigar questões ligadas à visão de Ciência no âmbito do ensino contribuiu para a formação da área de pesquisa em Concepções sobre Natureza da Ciência (CNC). Um estudo sobre o estado da pesquisa desse campo de investigação foi realizado por J. B. Harres (1999). Em sua revisão, esse autor, valendo-se de trabalhos realizados fora do contexto brasileiro, apresentou um sucinto histórico da área, apontou as principais linhas de pesquisa, sistematizou conclusões de algumas pesquisas e apontou suas principais falhas e problemas.

Harres (1999) identificou quatro linhas de pesquisa: concepções dos estudantes; concepções presentes nos currículos; concepção dos professores; e estudo das implicações entre as visões dos professores, sua práxis em sala de aula e as concepções dos alunos.

Os primeiros trabalhos realizados nessa área de estudos buscavam identificar as concepções dos alunos. Harres (1999) destaca como significativo o fato desses trabalhos indicarem, consensualmente, que as CNC apresentadas pelos alunos eram inadequadas. As principais CNC dos estudantes eram: a crença em um conhecimento científico absoluto; a opinião segundo a qual a meta dos cientistas é descobrir leis e verdades; a desconsideração do papel da criatividade na produção do conhecimento bem como a falta de compreensão do papel das teorias e sua relação com a pesquisa e das experiências com modelos e teorias.

No Brasil, Teixeira e colaboradores (2001) realizaram uma pesquisa com alunos⁴ do curso de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e

⁴ Alunos⁴ que estavam cursando a disciplina “Fundamentos de Física I”, oferecida no início do curso de Licenciatura e Bacharelado em Física, portanto, eram estudantes que haviam concluído o ensino básico pouco tempo antes.

investigaram as concepções desses alunos sobre Ciência. No início da disciplina, a maioria desses estudantes entendia que a Ciência tem como objetivo o estudo dos objetos da natureza, que ela utiliza a experimentação para validar suas teorias ou hipóteses, e o experimento é utilizado como critério de certeza e fator determinante para o desenvolvimento da Ciência. Após a realização da disciplina, que foi planejada com a intenção de contemplar as dimensões históricas e filosóficas da atividade científica, os alunos apresentaram mudanças favoráveis em suas concepções de Ciência, no entanto, ainda mantiveram forte crença em um conhecimento científico construído a partir dos experimentos.

A segunda linha de pesquisa surgiu para investigar as concepções presentes nos currículos de Ciências. Acreditava-se que currículos ineficientes poderiam manter o quadro de concepções de Ciências inadequadas dos estudantes e que a implementação de novas propostas curriculares poderia alterar as CNC dos estudantes. Os resultados não foram muito animadores: muitas pesquisas mostravam que não aconteciam ganhos significativos em relação à CNC dos alunos, e aquelas que indicavam melhora nas CNC continham sérios problemas metodológicos (HARRES, 1999).

Uma das constatações mais importantes dessas investigações na linha de currículos e CNC era que os docentes desempenhavam um papel respeitável, pois anteriormente se considerava que, mesmo apresentando CNC inadequadas, os professores poderiam gerar concepções mais apropriadas sobre a natureza do conhecimento científico em seus alunos. Isto auxiliou a abrir caminho para uma terceira linha de pesquisa: CNC de professores. Harres (1999) destaca as principais

conclusões das pesquisas sobre CNC de professores: predominam as concepções que se aproximam da visão empírico-indutivista; em poucas oportunidades foram encontradas concepções próximas à visão mais contextualizada e menos absolutista da Ciência; estratégias que enfocam a História da Ciência ou a sua natureza poderiam ter êxito para modificar CNC inadequadas; o nível das CNC dos professores não estava relacionado às variáveis acadêmicas e de experiência profissional, provavelmente em virtude da similaridade no processo de formação acadêmica. Apesar dos resultados dessa linha de pesquisa, o autor alerta para a necessidade de continuar a investigação e relacionar as CNC dos professores às suas posturas didáticas.

As pesquisas analisadas pelo autor foram realizadas com professores de várias disciplinas e diferentes níveis de ensino. Essas pesquisas em geral mostram a predominância de uma visão de Ciência que se aproxima do realismo ingênuo, crente na objetividade e infalibilidade do método científico e na superioridade da Ciência; que utiliza metodologia indutiva e que não reconhece as influências históricas e contextuais.

Em um trabalho da área de CNC de professores realizado na Austrália, Murcia e Schibeci (1999) defendem a necessidade de auxiliar os professores a melhor entenderem a natureza da Ciência para que eles possam modelar comportamentos e atitudes apropriados. Com a intenção de investigar o que os estudantes de cursos de formação de professores entendem por natureza da Ciência, os autores apontam as duas doutrinas que influenciam a educação em ciências: 1) o empirismo lógico, visão dominante e estabelecida; e 2) a “nova

filosofia”, atual e desafiadora das idéias aceitas, e propõem analisar com qual dessas idéias as concepções destes futuros docentes têm mais afinidade.

Os autores apresentam a “nova filosofia” como uma síntese de traços comuns que aparecem nos trabalhos de Feyerabend, Kuhn e Polanyi: rejeição ao pressuposto positivista clássico de observação neutra; a natureza contínua do trabalho científico; a necessidade da crítica aos resultados e ao conhecimento científico e a rejeição da lógica formal como principal ferramenta principal da análise científica. Brevemente os autores advertem para o fato de que não se deve supor que exista uma visão filosófica única aceita sobre a natureza da Ciência. Apesar disso, durante o texto, fica a idéia da existência de uma proposta filosófica única, que embora agrupe concepções diferentes, formam um corpo coerente e singular aceito pela comunidade dos filósofos da Ciência e dos pesquisadores em educação

Murcia e Schibeci (1999) ressaltam a idéia de que, desde o ensino primário, deve estar presente a preocupação com a CNC que os estudantes estão construindo, e por isto, é importante que os professores desse nível de ensino tenham clareza quanto às suas próprias concepções. Noções que estão em discordância com a “nova filosofia” poderiam ser desenvolvidas pelos alunos, o que prejudicaria a formação de conceitos mais condizentes com esta postura em níveis superiores de ensino. Utilizando artigos de jornais científicos como estímulo concreto, os autores obtiveram informações que os levaram a concluir que, entre os futuros professores de Ciências investigados, há prevalência dos pressupostos positivistas. Para a maioria dos participantes da pesquisa, a Ciência é um meio de buscar respostas sobre a vida cotidiana, bem como um processo da descoberta no

qual a verdade sobre o mundo é desvendada. Para alterar este quadro, os autores sugerem que sejam incentivados momentos de discussão sobre a natureza da Ciência, o que possibilitaria a reflexão e o questionamento dos professores sobre as suas concepções; e também a utilização de modelos científicos para resolução de problemas e o estudo da História da Ciência.

Os trabalhos da linha de pesquisa em CNC dos professores se orientam implicitamente pelas suposições de que as concepções dos docentes eram fatores importantes no seu comportamento no ambiente de sala de aula e influenciariam as CNC dos alunos. Em busca de analisar mais detidamente essas hipóteses, uma quarta linha de investigações se desenvolveu, a que considera as implicações entre as CNC dos professores, sua prática em sala de aula e as CNC dos estudantes.

O problema de trabalho dessa linha é complexo, pois o conhecimento do professor é composto por múltiplas relações, ou seja, intrincadas interações de elementos que podem ter influência em sua postura e conduta em sala de aula, como apresenta Harres (1999). Muitas vezes, os resultados das pesquisas apresentaram-se dúbios e nem sempre apontaram para uma coerência entre CNC e ensino.

Basicamente, o que se pode constatar é a predominância de concepções ligadas à visão absolutista da Ciência e de seu ensino. A concepção empirista da Ciência se apresenta pela ênfase nas descobertas científicas, porém a concepção racionalista do ensino aparece ao se priorizar a explicação em vez do descobrimento dos conhecimentos científicos. Segundo o autor, essa aparente contradição revela uma concepção absolutista do conhecimento. Esse seria um modelo didático

absolutista que uniria o racionalismo e o empirismo: uma concepção empirista sobre a natureza da Ciência e uma concepção racionalista sobre seu ensino.

O autor, no entanto, refere-se a uma pesquisa⁵ na qual professores, cujas concepções se aproximavam de posturas epistemológicas construtivistas a respeito do ensino, da aprendizagem e do conhecimento científico, apresentavam-se mais preocupados com as concepções alternativas dos seus alunos, tinham um conjunto maior de estratégias de ensino e eram mais eficientes para promover a mudança conceitual.

Harres (1999) conclui, a partir da análise que realizou, que a formação inicial fracassa em estimular melhorias na compreensão da CNC e das concepções didáticas, ao não propiciar uma reflexão crítica sobre as concepções epistemológicas e suas implicações didáticas. O autor recomenda que disciplinas sobre História e Epistemologia sejam incluídas nos currículos de formação de professores, que incentivem a reflexão epistemológica, proporcionando ao futuro docente questionar seu modelo didático pessoal e sua concepção de Ciência. Ele relembra, todavia, que se deve buscar uma integração entre as disciplinas, evitando-se a mera justaposição de saberes disciplinares e psicopedagógicos.

Um trabalho que associa CNC de professores às suas práticas pedagógicas e também aos currículos de formação de professores é a dissertação de mestrado de Borges (1991). Nela, a autora admite o predomínio da concepção empirista sobre a ciência entre os professores. Esta visão está enraizada e tem sido reforçada pelo

⁵ HASHWEB, M. Z (1996). Effects of science teacher's epistemological beliefs in teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, 33 (1): 47-63.

processo de formação, pelos livros didáticos e publicações científicas, seja de maneira implícita ou explícita. Borges focalizou sua pesquisa no processo de formação de docentes e realizou uma investigação e uma análise crítica das concepções sobre o conhecimento científico veiculadas no curso de formação de professores de Ciências, no Rio Grande do Sul. Também discutiu como essas concepções podem ser reconstruídas.

A autora parte da premissa de que a CNC do professor pode influenciar na sua atuação em sala de aula. Os aspectos epistemológicos e pedagógicos estão associados, pois existe uma epistemologia subjacente ao trabalho pedagógico do professor que se manifesta em sua atuação. Mediante o seu entendimento sobre como o aluno atinge o conhecimento, o professor escolherá o modo de trabalhar a aquisição de conhecimento pelos alunos. A reflexão em âmbito pedagógico e epistemológico é fundamental:

Torna-se necessário então que os professores de Ciências tenham conhecimento sobre o debate epistemológico e pedagógico travado em torno da Filosofia das Ciências, nas últimas décadas... (BORGES,1991, p.22-23).

Para balizar a análise das CNC difundidas durante os cursos de formação de professores, Borges (1999) elaborou uma síntese das principais concepções sobre o conhecimento científico, partindo de duas grandes vertentes: o *externalismo*, no qual os rumos da Ciência são questionados a partir de elementos externos à comunidade científica, como fatores sociais, políticos econômicos, técnicos e religiosos; e o *internalismo*, fundamentado na abordagem epistemológica do desenvolvimento das Ciências. Este se distingue em três grandes categorias: idealismo, empirismo e

construtivismo. Entre as diversas concepções ligadas à visão construtivista do conhecimento, Borges (1991,1996) referiu-se às mais divulgadas: Racionalismo crítico ou hipotético-dedutivismo, de Popper; Contextualismo, de Kuhn; Racionalismo aplicado ou racionalismo dialético, de Bachelard, e o Anarquismo epistemológico, de Feyerabend.

Em sua pesquisa, Borges (1991) analisou as concepções dos licenciados sobre a natureza das Ciências e encontrou um consenso em relação à visão externalista, na qual são reconhecidas as influências externas. Os futuros professores criticam a imposição de conteúdos para serem memorizados e indicam um ensino experimental onde seja possível construir conhecimentos. Como sugestão, porém, para superar a memorização, apenas 19% dos licenciandos fazem comentários construtivistas, enquanto a maioria, 49%, recorre ao emprego do método empirista indutivo. A autora analisa a aparente contradição, considerando que

(...) é possível pensar que o conhecimento é produzido conforme a visão empirista, mas que fatores externos às ciências direcionam ou desviam seus resultados (BORGES, 1991, 175).

Borges (1991) considera que as CNC têm influência na prática de ensino e faz algumas considerações a respeito desta relação:

Assim, a ação docente do professor liga-se a diferentes concepções sobre a natureza do conhecimento científico e sobre a educação, relacionando-se também a seu posicionamento político e social. Por isso, tanto em cursos de formação como

em cursos de atualização, é importante questionar os fundamentos epistemológicos e pedagógicos da educação em Ciências (BORGES, 1991, p. 169).

A autora conclui seu trabalho indicando que a presença de disciplinas de Epistemologia e História das Ciências, que promovam o debate epistemológico, é importante, mas ressalta que essas disciplinas devem estar vinculadas à prática do ensino e pesquisa bem como devem ser trabalhadas dialogicamente, levando-se em conta as idéias prévias dos alunos, pois só a reflexão epistemológica não basta, sendo necessário que os alunos vivenciem as rupturas em seus próprios conceitos.

Tsai (2002), em uma pesquisa com docentes tailandeses, buscou estabelecer relações entre as concepções sobre ensino, aprendizagem e natureza da Ciência, que ele caracterizou em tradicional, processual e construtivista. As crenças ligadas à postura tradicional prevaleceram neste estudo. A maioria dos professores apresentou uma relação equivalente entre as concepções investigadas. Esse sistema coerente de concepções foi chamado de “ninhos epistemológicos”, que incluem as crenças pedagógicas sobre ensino e aprendizagem de Ciências e as crenças epistemológicas sobre Ciência. O autor conclui que os “ninhos epistemológicos” interferem na prática do professor de Ciências.

Considero que, além de buscar conhecimentos sobre o conteúdo específico que irá ensinar e sobre metodologias de ensino que auxiliem sua prática em sala de aula, o professor de disciplinas científicas também deveria refletir sobre a produção do conhecimento científico. O estudo e a reflexão sobre CNC são úteis para explicitar o entendimento do professor de como se desenvolve o conhecimento

sobre o qual ele pretende trabalhar e “ensinar”. Essa postura pode auxiliar a evitar a mistificação e dogmatização da ciência e de seu ensino.

Fernández e colaboradores (2002) argumentam que as concepções inadequadas dos professores podem ser um obstáculo para o ensino. Eles realizaram uma revisão bibliográfica (em artigos publicados em revistas internacionais de destaque ligadas à Educação em Ciências), procurando localizar pesquisas que faziam referência às CNC inadequadas presentes na educação científica. Os autores consideram que essas CNC inadequadas estariam refletidas nos professores. Eles organizam as visões distorcidas da Ciência em sete tipos de inadequações, que são:

- a) concepção empírico-indutivista e a-teórica, na qual são destacados os papéis da observação e da experimentação. É a concepção que mais aparece nos trabalhos analisados pelos autores, e que está presente no método da aprendizagem por descoberta;
- b) concepção rígida da atividade científica, que está apoiada na crença em um método único e padronizado para a Ciência, com destaque para o controle rigoroso e o caráter exato dos resultados. É uma postura predominante entre os professores;
- c) concepção a-problemática e a-histórica da Ciência, baseada na crença de que os conhecimentos científicos estão prontos e acabados, com isto, o processo de construção da Ciência não é considerado. É uma concepção comum entre os livros-textos;

- d) concepção exclusivamente analítica, em que prevalece a visão fragmentada da ciência, sem considerar as uniões coerentes entre corpos de conhecimentos. Esse tipo de distorção aparece principalmente entre professores e nos livros didáticos;
- e) concepção cumulativa do desenvolvimento científico, que está ligada à crença no desenvolvimento linear do conhecimento científico, não considerando os confrontos e os processos de mudança ocorridos na História da Ciência;
- f) concepção individualista e elitista da Ciência, que considera o conhecimento como resultado de trabalho individual de gênios, e que os resultados de seus experimentos são capazes de confirmar ou refutar uma teoria. Os cientistas pertencem a uma elite de pessoas com um dom especial. Não é considerado caráter de construção humana e coletiva do conhecimento científico;
- g) visão descontextualizada, socialmente neutra da atividade científica, que se apóia na concepção positivista, ignora o contexto de produção do conhecimento, isolando a Ciência das demais atividades humanas.

Os autores discutem que essas visões inadequadas da Ciência se apóiam na falta de reflexão sobre a produção de conhecimento e no ensino de Ciências, baseado na transmissão de conhecimentos já elaborados. Um trabalho deve ser feito visando aproximar os docentes das modernas teorias sobre a natureza do conhecimento científico. Para viabilizar este trabalho, entendo que os cursos de formação inicial e continuada de docentes desempenham um papel importante, abrindo espaço para que os professores e futuros professores possam refletir sobre suas próprias CNC e conhecer outras concepções epistemológicas.

Matthews (1998) defende o argumento de que, ao tratar de temas ligados à natureza da Ciência com estudantes e futuros professores de Ciências, deve-se lembrar que não é um objetivo formar sociólogos, historiadores ou filósofos. E assim, ao ensinar temas ligados à natureza da Ciência, sejam propostos objetivos mais modestos. Ele sugere que sejam abordadas questões sobre Filosofia, História e natureza da Ciência em sala de aula, mas adverte para o fato de que não é necessário massacrar os estudantes com discussões que geralmente acontecem entre os especialistas dessas áreas de estudo. Um cuidado que se deve ter ao tratar esse tema em sala de aula é apresentar e discutir as várias concepções e posturas epistemológicas, não se restringindo apenas ao ponto de vista particular do professor ou do elaborador do currículo para que seja evitada a doutrinação.

Acredito que uma das maiores contribuições do ensino de Ciências é a tentativa de fazer os alunos superarem a concepção da natureza da Ciência como uma certeza, uma verdade absoluta, um conhecimento estabelecido através de um desenvolvimento linear, sem controvérsias, que conduz sempre a um futuro melhor e é feita por indivíduos isolados. Desse modo, espero que este trabalho possa contribuir para aproximar os alunos, professores e futuros professores da concepção de ciência como um tipo de conhecimento que tem um desenvolvimento histórico, que trabalha com modelos, com representações do real feitas por uma comunidade que possui linguagem própria, em que os seus membros se comunicam, discutem e disputam entre si uma supremacia. Entendo que com essa postura é possível evitar que a Ciência seja encarada como um dogma, como uma nova religião ou uma verdade absoluta.

No próximo tópico, abordo as principais concepções epistemológicas.

2.2 Teorias sobre o Conhecimento Científico

2.2.1 Empirismo

Como visto anteriormente pelos resultados das pesquisas na área de Concepções sobre a Natureza da Ciência, a concepção empirista ainda prevalece na educação científica.

O empirismo considera que a única fonte do conhecimento é a experiência, negando a existência de idéias inatas e de conhecimento independente da experiência. A experiência daria origem às idéias da razão e também controlaria a própria razão. Considerando que o conhecimento se origina da experiência, os empiristas partem de fatos concretos e portanto, consideram que a origem do conhecimento está no objeto. Para os empiristas, a partir da observação neutra, é possível alcançar a verdade. Os defensores do empirismo procedem geralmente das ciências naturais (HESSEN, 1994). O empirismo é uma reação à tendência racionalista, que negligenciava a experiência (HESSEN, 1994; LOGOS, 1990).

Francis Bacon (1561-1626) é considerado um dos precursores do empirismo, pois, defendia a noção de que a ciência era baseada na experiência. Propunha também que a indução era o método da Ciência. A indução

(...) com base em observações, permite o conhecimento do funcionamento da natureza e, observando a regularidade entre os fenômenos e estabelecendo

relações entre eles, permite formular leis científicas que são generalizações indutivas (MARCONDES, 1997, p. 179).

Desse modo, empirismo-indutivista se caracteriza pela crença de que a observação é o ponto de origem do conhecimento e que esse se encaminha a partir dos fatos à teoria, do particular para o geral. O conhecimento científico é elaborado a partir da observação de fatos que, mediante a aplicação do raciocínio indutivo, possibilita o estabelecimento de leis e teorias. Daí a importância de coletar e registrar o maior número de dados possíveis sobre o fenômeno que se quer investigar. Para Bacon, o propósito da Ciência seria conhecer as leis, fazer previsões e controlar os fenômenos.

O empirista John Locke (1632-1704) negava a existência das idéias inatas e defendia a idéia de que o espírito humano é uma “tábula rasa” na qual a experiência, através dos sentidos, vai deixando suas marcas. A experiência serve como guia para o conhecimento, que é resultado da elaboração dos dados obtidos através dos sentidos. Hessen (1994) apresenta Locke como o verdadeiro fundador do empirismo.

David Hume (1711-1776) é considerado o mais radical dos empiristas, defendendo seu princípio fundamental: o conhecimento procede da experiência. Porém, Hume criticou o método indutivo, pois a regularidade ou a repetição de um evento não possibilita a inferência de que ele continuará a acontecer posteriormente. A partir de um enunciado particular não é possível alcançar um enunciado universal. Não haveria justificativa lógica para o indutivismo. Esse é o problema da indução ou problema de Hume (discutido também por Popper). Obtido a partir da indução, o

conhecimento não é certo e definitivo; é probabilístico (BORGES, 1991; MARCONDES, 1997; FREIRE-MAIA, 1991).

Mediante a postura empirista, não é possível explicar a mudança de modelos e teorias ocorridas ao longo da História das Ciências (HESSEN, 1994). Considerando as teorias da Física (que era considerada o modelo para a Ciência) e a História da Ciência, pode-se perceber que as leis e teorias não foram “descobertas” a partir da observação direta e neutra. Os dados empíricos só adquirem significados através da interpretação feita a partir das teorias e modelos, porém, a visão tradicional de Ciência ainda está associada ao empirismo.

O positivismo lógico foi uma forma extrema de empirismo (CHALMERS, 1993), caracterizando-se por acreditar que o conhecimento científico seria objetivo, válido, metódico, preciso, progressivo e cumulativo, desinteressado e impessoal, útil e necessário, uma combinação de raciocínio e experiência, hipotético, explicativo e prospectivo. A doutrina do positivismo lógico considera que as leis são imutáveis e seria papel da ciência formular essas leis, sem questionar as causas e razões dos fenômenos, sem apresentar juízos de valor e com neutralidade. O conhecimento científico é estabelecido através de procedimentos conhecidos como método experimental, que apresenta passos determinados (observação, formulação de hipóteses, experimentação e estabelecimento de leis) (BORGES, 1996).

Apesar das críticas à concepção empirista, livros-texto, vários projetos e propostas curriculares de Ciências ainda se caracterizam pela valorização do método científico, que é tido como um conjunto de passos rígidos a serem seguidos para elaboração do conhecimento científico, com destaque para a observação e a

experimentação, como é o caso do currículo de Ciências do Estado do Paraná (ARRUDA e LABURÚ, 1998).

No Brasil, a prevalência da concepção empirista-indutivista foi estimulada principalmente pelos projetos curriculares da década de 1960. Muitas teses e dissertações da área de Educação em Ciências, do período de 1981 a 1995, buscaram a substituição da visão empirista-indutivista presente no ensino, recorrendo à Psicologia Cognitiva e às concepções epistemológicas históricas e culturais (LEMGRUBER, 2000).

2.2.2 Teorias Construtivistas sobre a Natureza da Ciência

As teorias da Ciência ligadas à postura construtivista surgiram no século XX e propõem que o conhecimento é construído mediante as relações de interação estabelecidas (entre sujeito e objeto), não estando, portanto, nem dentro nem fora de nós. A interação do sujeito com o objeto do conhecimento não é neutra. As observações são precedidas e influenciadas pelas teorias. A Ciência é entendida como um processo dinâmico que pode ser alvo de mudanças. As teorias construtivistas negam a noção de que a Ciência seja a representação da realidade e aceita a idéia de que ela trabalha com a construção de modelos explicativos sobre a realidade.

Apesar de várias divergências, a maioria dos filósofos das Ciências atuais contesta a postura empirista, o positivismo, a neutralidade da Ciência e é partidária da visão construtivista do conhecimento. Em linhas gerais, apresento a seguir, as principais teorias modernas sobre a natureza da ciência.

A) Racionalismo Crítico

Karl Popper (1902-1994) rejeitava a indução e considerava que o método da ciência seria o hipotético-dedutivo, que parte de um problema e da elaboração de hipóteses. O conhecimento produzido, porém, é provisório. Em sua concepção, as teorias científicas são conjecturas que devem ser testadas. Se forem refutadas, estas teorias devem ser abandonadas e substituídas por outras; no entanto, *“cada tentativa fracassada de refutação é uma corroboração a mais e, portanto, garantia maior que se dá à teoria”* (FREIRE-MAIA, 1991, p. 92). Não se pode, todavia, provar que uma teoria seja verdadeira. Esse é o critério da falsificabilidade: é possível provar que uma teoria científica é falsa, mas nunca se pode confirmar que ela é correta. Popper considera a falsificabilidade como o critério para a distinção entre ciência e não-ciência. As hipóteses científicas devem ser passíveis de serem testadas e falsificadas. A Ciência progride por meio de suposições que podem passar por confirmações ou refutações, reformulações e reconstruções (CHALMERS, 1993; SILVEIRA, 1996a; BORGES, 1996).

B) Racionalismo Aplicado ou Racionalismo Dialético

Gaston Bachelard (1884-1962) considerava que o erro tem uma função importante no desenvolvimento da Ciência, pois é por intermédio do processo de retificação desses erros que o conhecimento científico é construído. Assim, para Bachelard, o erro tem uma conotação positiva. Em sua concepção, é necessário que ocorra uma ruptura com o senso comum (conhecimento comum) para que o

conhecimento científico possa se instituir. O desenvolvimento da Ciência se dá também através de rupturas entre o conhecimento antigo e o novo. Os métodos tornam-se maus hábitos que devem ser superados. Desse modo, defende a retificação constante dos métodos. Se o conhecimento deixa de ser questionado, bloqueando outras idéias, ele fica estagnado e torna-se um obstáculo epistemológico e, para superá-lo, Bachelard propõe que se faça a psicanálise do conhecimento objetivo (LOPES, 1996).

C) A Teoria das Revoluções Científicas

Thomas Kuhn (1922-1996) considerava que uma teoria da Ciência deveria se adequar à história da própria atividade científica. Pela sua análise, Kuhn considerou que o desenvolvimento do conhecimento científico passa por períodos de acumulação, que ele denominou de ciência normal. Nessa fase, a comunidade científica é orientada por um paradigma. Tanto a escolha de problemas quanto as propostas de possíveis soluções são governadas pelas regras do paradigma. A comunidade científica se mostra conservadora e resistente a mudanças. A existência de um paradigma único caracteriza a ciência madura. Em algum momento, no entanto, fracassos podem ocorrer na tentativa de resolver os problemas, surgindo as anomalias. Se estas forem consideradas sérias (contra os fundamentos do paradigma), um período de crise se estabelece. Um paradigma rival pode aparecer, diferente e incompatível em relação ao antigo. A comunidade científica pode abandonar o velho paradigma e aceitar o novo: é o período de revolução científica .
“A ciência normal é cumulativa; a mudança de paradigma é uma ‘revolução’”

(FREIRE-MAIA, 1991, p. 106). Kuhn considerava que o contexto interfere no desenvolvimento da Ciência. A Ciência é aquilo que os cientistas aceitam por consenso.

D) Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica

Imre Lakatos (1922-1974) arquitetou sua concepção sobre Ciências a partir da idéia de programas de pesquisa. O programa de pesquisa é caracterizado e dirigido pelo seu núcleo firme (irredutível) que apresenta teorias ou hipóteses gerais. Essas são irrefutáveis por decisão dos participantes do programa, desse modo, o núcleo firme é considerado infalsificável (CHALMERS, 1993). Um cinturão protetor é constituído de hipóteses auxiliares que podem ser alteradas a fim de proteger o núcleo firme. Anomalias encontradas conduzem a modificações no cinturão protetor. O núcleo firme, assim, é mantido intacto, sem alterações, o que seria a heurística negativa do programa. A heurística positiva orienta quais os rumos o programa deve tomar, o que deve ser feito. Um programa pode ser caracterizado como progressivo se as alterações ocorridas no cinturão protetor conduzem a novas predições e explicações, ou como regressivo quando não prevê fatos novos ou suas previsões não são confirmadas (SILVEIRA, 1996b). O desenvolvimento científico ocorre através da competição entre vários programas de pesquisa.

E) Anarquismo Epistemológico

Paul Karl Feyerabend (1924-1994) defendia a estratégia anarquista, apontando a irracionalidade das regras do racionalismo, posicionando-se contrário à idéia de que existe um método único (universal) ao qual todas as formas de conhecimento devem seguir. Desse modo, para esse autor, há uma diversidade de métodos na pesquisa científica, ou seja, o pluralismo metodológico. Existem, porém, limitações em todas as metodologias (CHALMERS, 1993; REGNER, 1996). *“Os cientistas, portanto, não devem ser restringidos pelas regras da metodologia. Neste sentido, vale tudo”* (CHALMERS, 1993, 175-176). Violar e transgredir as regras é necessário para o progresso científico. Dogmatizar teorias e métodos é prejudicial e pode transformar Ciência em ideologia (BORGES, 1996).

Acrescento a essas concepções de Ciência ligadas à visão construtivista da natureza da Ciência a proposta de Ludwik Fleck, que pode igualmente ser considerada como interacionista, pois se fundamenta na interação de três elementos: o sujeito cognoscente, o objeto e o estado de conhecimento. Com a introdução desse último elemento, Fleck pretende destacar a relação entre o antigo e o novo conhecimento. Em sua concepção, no processo de construção do conhecimento, o sujeito exerce um papel ativo determinado pelas suas interações sociais e culturais estabelecidas historicamente. Dessa maneira, pode-se dizer que esse autor trabalha com uma concepção de sujeito coletivo, que compartilha um estilo de pensamento peculiar ao coletivo de pensamento ao qual pertence e que determina o estado do conhecimento (LEITE et alii, 2001).

Como Fleck é o referencial teórico deste trabalho, apresento, no próximo tópico, suas principais categorias epistemológicas.

2.3 Ludwik Fleck: Uma Opção Epistemológica

A área de pesquisa em Educação, muitas vezes, busca na Filosofia e na História da Ciência sustentação para as reflexões desenvolvidas em seus trabalhos. Na pesquisa em Ensino de Ciências, as obras de Bachelard, Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend têm grande repercussão e são amplamente utilizadas como referencial teórico em debates, discussões e trabalhos que envolvam temas ligados à epistemologia. Outro epistemólogo, ainda pouco divulgado, tem atraído a atenção e sua teoria tem sido referencial para o estudo da Ciência a partir da valorização das dimensões histórica e social no processo de produção do conhecimento: Ludwik Fleck.

O estudo sobre a gênese do conhecimento realizado por Fleck é pouco conhecido no Brasil. De 1926 a 1935, Fleck produziu vários artigos resultantes de suas reflexões filosóficas sobre o processo de produção do conhecimento, publicados em jornais e revistas polonesas. O seu livro *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache* (A Gênese e o Desenvolvimento de um Fato Científico), publicado em 1935, é indicado como sua principal obra epistemológica, e nele, Fleck expõe as linhas centrais de sua teoria do conhecimento, pautada principalmente no caráter social da Ciência e no seu condicionamento histórico. O conhecimento científico, para ele, é fruto do trabalho coletivo de vários cientistas, é uma construção social.

Em virtude da sua ênfase na dimensão social e no trabalho coletivo da produção do conhecimento científico, Fleck é, atualmente, apresentado como um dos precursores da abordagem sociológica para pensar a ciência (TRENN e MERTON, 1981; SCHENELLE, 1986, LÖWY, 1994, DELIZOICOV et alii, 1999, 2002). Os historiadores da Ciência também têm compartilhado o interesse pela produção na área epistemológica de Fleck:

Por seu interesse na prática dos pesquisadores e na organização social da produção dos conhecimentos científicos, a epistemologia de Fleck se aproxima dos trabalhos recentes da história da ciência (LÖWY, 1994, p. 12).

Alguns pesquisadores têm feito a divulgação do trabalho de Fleck. Ilana Löwy (1994) focaliza a obra de Fleck e utiliza suas categorias epistemológicas para análise da produção científica na área biomédica. Cohen e Schnelle (1986), no livro *Cognition and Fact*, fazem a compilação de artigos produzidos por Fleck. Burke (2003), tratando sobre o surgimento da Sociologia do Conhecimento, aponta que Fleck realizava a discussão entre conhecimento e interesses antes da Segunda Guerra Mundial.

Frederick GRINNELL (1992) afirmou que Fleck foi uma fonte de inspiração para seu livro *A Atitude Científica*, no qual buscou discutir a Ciência como uma atividade realizada por pessoas engajadas, bem como introduzir aspectos da Filosofia e da Sociologia no estudo da ciência. A partir das concepções de “grupos de pensamento”⁶ “e estilos de pensamento”, Grinnell desenvolveu suas idéias sobre

⁶ Na versão em português, é deste modo que o autor se refere ao que tem sido designado por ‘coletivos de pensamento’.

o que caracteriza a atitude científica, argumentando principalmente sobre exemplos oriundos da área biomédica. O autor comenta que poucas pessoas conheciam o trabalho brilhante de Fleck e que foi no livro dele o primeiro lugar em que encontrou uma descrição da Ciência cotidiana que se ajustava à sua experiência como cientista.

Apesar de ainda ser pouco conhecida, principalmente no Brasil, a epistemologia fleckiana tem sido utilizada como referencial em trabalhos das áreas de História e Filosofia da Ciência, Sociologia e Saúde/Medicina. A Educação é um campo de pesquisa que está se mostrando receptivo às idéias de Fleck, onde estão surgindo trabalhos que têm como base teórica as categorias propostas por esse autor.

2.3.1 Fleck e a Pesquisa em Ensino de Ciências

No Programa de Pós- Graduação em Educação do Centro de Ciências da Educação (PPGE- CED) da UFSC, as concepções de Fleck têm comparecido como referencial teórico de trabalhos desenvolvidos na linha de pesquisa de Ensino de Ciências. DELIZOICOV e colaboradores (1999) argumentam sobre a possibilidade da utilização de Fleck como referencial no ensino de Ciências:

Além da utilização para investigações no âmbito da História, da Filosofia e da Sociologia da Ciência, que vêm sendo desenvolvidas na Europa, destacamos também o potencial deste modelo epistemológico como referência para a investigação de problemas de ensino de ciências, não só por que suas categorias analíticas poderiam ser aplicadas tanto para o caso do conhecimento do senso comum, como para o científico, e as possíveis inferências que daí tiraríamos para a

busca de soluções dos problemas de pesquisa, como também para agrupamentos de outros profissionais, como por exemplo professores das ciências dos vários níveis de ensino. Este modelo caracterizado pela sociogênese do conhecimento, auxiliaria na caracterização e compreensão da atuação de grupos de docentes (DELIZOICOV, D et alli, 1999, p. 10 - paginação eletrônica).

Com o auxílio das categorias propostas por Fleck, como, por exemplo, círculos eso e exótericos, pode-se buscar analisar, em função da produção e utilização do conhecimento científico, a relação entre os cientistas e os professores de Ciências, bem como a relação entre os professores e os alunos no ensino de Ciências.

Apresento os trabalhos (principalmente teses e dissertações) produzidos no PPGE da UFSC que utilizaram a epistemologia de Fleck como suporte teórico. A partir deles, destaco os principais elementos da perspectiva fleckiana da produção do conhecimento.

Uma das pioneiras na utilização da epistemologia de Fleck como referencial teórico no Ensino de Ciências foi Nadir Delizoicov (1995) em sua dissertação de mestrado intitulada *O Professor de Ciências Naturais e o livro Didático (No Ensino de Programas de Saúde)*. Nesse trabalho, a autora realizou entrevistas com os professores de sua amostra e detectou semelhanças e diferenças na maneira como os docentes interagem com o livro didático. A partir disso, Nadir Delizoicov identificou três grupos de professores: transformadores, não transformadores e em transição. A autora, utilizando categorias propostas por Fleck, afirmou que cada um destes grupos representava um **coletivo de pensamento** caracterizado por um **estilo de pensamento**.

Coletivo de pensamento e estilo de pensamento são as principais categorias propostas por Fleck. Entendo que um coletivo de pensamento pode ser percebido como uma comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas que servem de baliza para o seu trabalho. Para Fleck, um coletivo é uma comunidade de pensamento com certa exclusividade formal e temática, o que lhe proporciona um isolamento de conteúdos, fazendo com que ele constitua *“algo como um mundo especial de pensamento”* (FLECK, 1986a, p.150).

Cada coletivo de pensamento possui uma maneira própria de ver o objeto do conhecimento e de relacionar-se com ele, determinada pelo seu estilo de pensamento, que é definido por Fleck como

(...) um perceber dirigido com a correspondente elaboração intelectual e objetiva do percebido. Fica caracterizado pelos traços comuns dos problemas que interessam ao coletivo de pensamento, pelos juízos que o pensamento coletivo considera evidentes e pelos métodos que emprega como meio de conhecimento. O estilo de pensamento também pode ir acompanhado pelo estilo técnico e literário do sistema de saber (FLECK, 1986a, p. 145) (grifo do autor).

Os coletivos de pensamento apresentam uma estrutura geral formada por um **círculo esotérico** e um **exotérico**. Estes são caracterizados deste modo por Fleck:

... um círculo esotérico menor, composto de membros que têm uma relação direta com este produto, e um círculo exotérico maior composto de membros que participam dele através da intermediação com aqueles (FLECK, 1986b, p. 101).

Um indivíduo pode participar de círculos exotéricos de vários coletivos de pensamento e pertencer a poucos ou a nenhum círculo esotérico. A participação simultânea em comunidades de pensamentos diferentes permite o intercâmbio de idéias e institui-se como um fator gerador das transformações dos estilos de pensamento.

O estilo de pensamento determina a maneira de pensar de um coletivo em um dado momento histórico. Sinteticamente, considero que o conhecimento científico, na epistemologia fleckiana, é um produto histórico e sociológico resultante da atuação de um estilo de pensamento, compartilhado por um coletivo de pensamento.

Para Fleck, o ato de conhecer é uma atividade que está ligada aos condicionantes sociais, culturais e históricos do sujeito pertencente a um coletivo de pensamento. O que mantém o coletivo e a união entre seus membros é a “atmosfera do coletivo” (*collective mood*), algo que produz a prontidão para olhar para uma direção comum e o sentimento de participar de um grupo (FLECK, 1986b). Apesar da ênfase no coletivo e da rejeição a uma concepção individualista, a dimensão individual não é negada. O indivíduo é concebido como um ser que se relaciona, que interage com os demais membros do coletivo. Desse modo, a investigação científica é uma atividade que “só se pode levar a cabo por um coletivo cujos componentes, trabalhando sobre uma base comum, ensaiam modificações individuais” (SCHÄFER e SCHENELLE, 1986, p. 25).

As idéias epistemológicas de Fleck suscitaram interesse de alguns pesquisadores do PPGE da UFSC que reconheceram o potencial do modelo fleckiano para as pesquisas em ensino de Ciências e um grupo de estudos foi

organizado para analisar mais intimamente as proposições deste autor. O principal objeto de análise deste grupo foi o livro escrito por Fleck e publicado em 1935 (“Gênese e desenvolvimento de um fato científico: introdução à teoria de estilo de pensamento e coletivo de pensamento”), em sua versão original em alemão e as traduções para inglês e espanhol.

Das atividades desse grupo, coordenado por Demétrio Delizoicov, resultaram artigos publicados, nos quais as principais categorias propostas por Fleck foram apresentadas, bem como um paralelo entre concepções de Fleck e de Kuhn (D. DELIZOICOV et alii, 1999, 2002). Ambos epistemólogos (Kuhn e Fleck) tratam da questão da formação inicial, que, para Kuhn ocorre através da apropriação do paradigma vigente e para Fleck é feita pelo processo de doutrinação a um estilo de pensamento. Os autores do artigo estabeleceram correspondência entre as principais categorias kuhnianas e fleckianas. Desse modo, para eles:

Em síntese, se para as categorias incomensurabilidade e círculos eso/exotéricos Kuhn delas se apropria literalmente, para as demais categorias, embora parecendo manter o mesmo sentido, as denomina distintamente. Assim, paradigma tem paralelo com estilo de pensamento; comunidade científica com coletivo de pensamento; ciência normal com extensão do estilo de pensamento; revolução científica com transformação do estilo de pensamento e anomalias do paradigma com complicações da teoria dominante. Poderíamos caracterizar a teoria dos paradigmas de Kuhn como um caso particular da teoria de estilo de pensamento de Fleck, aplicada ao conhecimento produzido por comunidades denominadas de maduras, como foi o estudo realizado por Kuhn (DELIZOICOV et alii, 1999, p. 9-10, paginação eletrônica).

Demétrio Delizoicov e colaboradores (1999, 2002) esclarecem que o termo **incomensurabilidade** utilizado por Fleck aparece em seu artigo em polonês (1927) podendo significar incongruência (*niewspólmiernosc*), mas, na sua monografia em alemão, ele utiliza a palavra incomensurável (*inkommensurabel*). A comunicação entre estilos de pensamento torna-se mais difícil à medida que as diferenças entre eles são maiores. Apesar dos diferentes estilos de pensamentos serem incomensuráveis (incongruentes) o diálogo pode ocorrer através da tradução, que, no entanto, é imperfeita, ocorrendo perdas em alguns pontos, mas ganhos em outros. Esse processo de comunicação entre estilos de pensamento é um dos motivos pelo qual um novo pode surgir: *“A circulação das idéias entre coletivos de pensamento é uma fonte de inovação nas ciências e na sociedade”* (LÖWY, 1994, p. 11). O novo estilo será distinto dos seus “genitores”, pois a passagem de um estilo de pensamento para o outro – mudança no direcionamento da percepção – resulta, de um lado, no surgimento da capacidade para observar e lidar com determinados aspectos e fatos e, de outro, na perda dessa capacidade para outros aspectos e fatos (DELIZOICOV et alii, 1999).

O progresso do conhecimento consiste, para Fleck, no desenvolvimento coletivo incessante do estilo de pensamento. Esse progresso, contudo, não pode ser qualificado, pois o saber muda segundo o estilo de pensamento vigente na época. Ao substituir um estilo por outro, as pressuposições se alteram e surgem outras, mudam-se as bases. Realizar, porém, uma comparação qualitativa entre eles, ou seja, uma **epistemologia comparativa** como sugere Fleck, pode auxiliar a entender o surgimento dos diversos estilos de pensamento, suas diferenças e transformações.

Marco Aurélio Da Ros (1999), um dos participantes do grupo de estudos citado anteriormente, apresentou no II ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências) um trabalho no qual indicou como estava utilizando a perspectiva fleckiana em seu doutoramento, apresentou os procedimentos e instrumentos de análise bem como um estudo preliminar. Em sua tese de doutorado intitulada *Estilos de pensamento em Saúde Pública: Um Estudo da Produção da FSP-USP e ENSP-FIOCRUZ entre 1948 e 1994*, DA ROS (2000) teve como objetivo identificar e caracterizar os EP presentes em saúde pública. O autor analisou a produção acadêmica (teses, dissertações, livre-docência e cátedra) de duas das principais instituições brasileiras na área de saúde pública (Faculdade de Saúde Pública da USP e Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ). DA ROS (2000) identificou onze EP em Saúde Pública.

A partir da literatura consultada, Da Ros (2000) apresenta o epistemólogo: Ludwik Fleck (1896-1961) foi um médico de origem judaico-polonesa, que além de atuar na área médica como clínico e pesquisador em laboratórios de Bacteriologia, Microbiologia e Imunologia, manteve reflexões produtivas no campo da Epistemologia. A teoria do conhecimento proposta por Fleck foi pouco divulgada e discutida, porém, ao ter seu nome citado no livro de Thomas Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas*⁷, de 1962, Fleck e sua produção na área epistemológica começaram a despertar interesse. Na década de 1970, seu livro, publicado em 1935, foi traduzido para a língua inglesa. Principalmente na década de 1980, os estudiosos europeus buscaram inspiração e suporte teórico nas obras de Fleck (DA ROS, 2000).

⁷ No prefácio deste livro, Kuhn reconheceu que a obra de Fleck foi um referencial importante para a elaboração de suas idéias.

No decorrer de seu trabalho, DA ROS (2000), a fim de apresentar a epistemologia fleckiana, ressaltou a influência da Escola Polonesa de Filosofia da Medicina (EPFM) no modo de pensar de Fleck.

A Escola Polonesa de Filosofia da Medicina pode ser entendida como uma tradição, não como uma instituição formal, em que médicos estudavam, discutiam e produziam textos ligados à História e à Filosofia da Medicina. Os participantes deste “movimento” ficaram conhecidos como os médicos-filósofos poloneses. A partir de textos dos principais representantes da EPFM (Chalubinski, Biernacki, Bieganski e Kramsztyk), Da Ros identificou pontos de concordância entre as idéias deles e as de Fleck, o que na opinião do autor indica a influência exercida pela EPFM na epistemologia de Fleck, embora este não faça referência alguma à EPFM em seus trabalhos.

Em razão do amplo conceito de estilo de pensamento, Da Ros (2000) sentiu dificuldades para elaborar seu instrumento de pesquisa. Ele fez uma revisão da versão espanhola (1986) da monografia de Fleck, visando a destacar elementos que pudessem auxiliá-lo na caracterização do que é estilo de pensamento. Para sintetizar esta análise, enfatizo alguns aspectos que auxiliam a caracterizar o que é um estilo de pensamento: é um corpo de conhecimento e de saberes; é um sistema fechado de crenças; é portador de uma linguagem específica; requer habilidades específicas; apresenta uma estrutura formal; está ancorado na tradição e na Psicologia; é estruturado pela inter-relação do novo com o velho conhecimento; tem uma fundamentação histórica; é um modo de pensar, uma visão de mundo, um

sistema de pensar; é harmonia das ilusões; molda a formação e envolve um processo de treinamento intelectual.

Com interesse no processo de formação dos médicos, Cutolo (2001), em sua tese de doutorado *Um Estudo do Currículo do Curso de Graduação em Medicina da UFSC*, analisou a grade curricular e os planos de ensino das disciplinas do ciclo clínico deste curso e realizou entrevistas com uma amostra de docentes, tendo como referencial teórico a perspectiva epistemológica fleckiana, principalmente sua categoria de Estilo de Pensamento. A partir de sua análise, o autor, também participante do grupo de estudos, identificou três concepções (higienista-preventivista, médico-social e biologicista), apontando uma delas como hegemônica (biologicista)⁸. Essas concepções seriam elementos constituintes da base estrutural dos estilos de pensamento. O autor indica que uma concepção integradora, que incorpora características das três concepções anteriormente citadas, está presente no Plano de Internato em Saúde Pública.

Ao abordar o processo de formação dos médicos, Cutolo (1999, 2001) baseou-se na noção de Fleck em que os iniciantes em um novo coletivo de pensamento são treinados a olhar o mundo, elaborar e solucionar os problemas de acordo com o estilo de pensamento próprio do coletivo.

Segundo Fleck, é durante este processo que o iniciante “adquire” o “**ver formativo**” (o que olhar e como olhar o objeto). Os iniciantes em um coletivo são preparados, treinados, doutrinados a olhar o “mundo”, elaborar problemas e buscar

⁸ Em um trabalho para o II ENPEC, Cutolo (1999) apresentou uma breve caracterização das três concepções.

as respostas em sintonia com o estilo de pensamento. O sujeito de um coletivo de pensamento encara o objeto do conhecimento com um olhar formativo, não ingênuo, carregado de concepções compartilhadas coletivamente pelo seu grupo. Um iniciante, a princípio, apresenta um olhar desordenado, confuso e deve passar por um processo de doutrinação e treinamento para alcançar o ver formativo. É nesta perspectiva que Fleck acredita que o fato científico é construído pelo estilo de pensamento. Ao estabelecer a relação entre fato científico e estilo de pensamento, este último é apresentado por Fleck como sendo *“uma coerção determinada de pensamento e, todavia mais: a totalidade da preparação e disponibilidade intelectual orientada a ver e atuar de uma forma e não de outra”* (FLECK, 1986a, p.111).

Ao comentar sobre a formação, Cutolo (2001) realiza a aproximação entre ensino e estilo de pensamento:

Entendo que ensinar é introduzir em um Estilo de Pensamento e aprender é entrar em um Estilo de pensamento. A coerção de pensamento exercida pelos professores direcionada à aquisição do conhecimento pelo aluno, através de um olhar estilizado (o ver formativo), dá-se através de suas práticas didáticas, ou, melhor dizendo, através do currículo em seu sentido mais amplo (CUTOLO, 2001,p. 59).

Percebo, todavia, que nos níveis de ensino fundamental e médio, quando se fala em introduzir os alunos no estilo de pensamento científico, isto não significa que estamos preparando futuros cientistas. Penso que neste caso, o objetivo é possibilitar que o aluno entenda melhor a linguagem, a prática e o processo de elaboração da Ciência. Desta forma, afastando-se da periferia do círculo exotérico, aproximando-se um pouco mais do círculo esotérico dos cientistas e

compreendendo o discurso científico, os alunos não aceitarão de forma acrítica o conhecimento científico, evitando uma visão dogmática da ciência. Como argumenta Fleck:

Se a massa tem uma posição mais forte, então esta relação se impregna de um caráter democrático; a elite adula, em certo modo, a opinião pública e aspira conservar a confiança da massa. Esta é a situação em que se encontra hoje em dia o coletivo de pensamento científico. Se a posição da elite é mais forte, então procurará distanciar-se e isolar-se da multidão; o sigilo e o dogmatismo dominam este coletivo de pensamento. Tal é a situação dos coletivos de pensamento religiosos. A primeira forma ou democrática deveria conduzir ao desenvolvimento das idéias e ao progresso, a segunda possivelmente ao conservadorismo e a imobilidade (FLECK, 1986, p. 153).

Ao tratar do pouco reconhecimento da obra de Fleck, Cutolo (2001) argumenta que, além da pequena tiragem de 600 exemplares em alemão, outros fatores contribuíram para Fleck ser praticamente um desconhecido até hoje:

A ascendência judia, o fato de ser polonês, viver em território soviético e ter vivido duas guerras, uma das quais confinado em um campo de concentração nazista, podem ter contribuído para a baixa repercussão direta de sua obra. Não pertencia ao eixo anglo-franco-saxão e, portanto, não poderia ser conhecido (CUTOLO, 2001, p.28).

Na tese de doutorado de 2002, *O Movimento do Sangue no Corpo Humano: História e Ensino*, Nadir C. Delizoicov novamente utilizou a epistemologia de Fleck como referencial teórico. Ela realizou um histórico sobre as concepções de circulação sanguínea presentes na Ciência e como elas aparecem nos livros

didáticos de ciências e biologia dos ensinos fundamental, médio e superior. Anteriormente, Nadir Delizoicov (1999) havia apresentado um trabalho no II ENPEC, em que focalizou a instauração e extensão do modelo galênico para o trajeto do sangue no corpo humano e a transformação do EP, impulsionada pelo surgimento do modelo de Harvey.

Na visão de Fleck, a iniciação à Ciência - a introdução ao EP científico - pode ser feita através de livros textos. Para familiarizar os leigos (não especialistas) com o pensar científico, Fleck alega que são utilizados os livros para divulgação, em que são feitas simplificações e o saber é apresentado de forma apodíctica. Os manuais contribuiriam para o treinamento e formação dos especialistas (aspirantes a membros do coletivo de pensamento), nos quais o saber é apresentado de forma sistematizada, coletiva e válida de modo geral e como algo já estabelecido. Neles, *“o estilo de pensamento se converte em coerção de pensamento e fica articulado com momento normativo da ciência”* (SCHÄFER e SCHNELLE, 1986, p. 35). As revistas surgem como uma forma de comunicação entre os especialistas, nas quais são apresentados os resultados das investigações e as novas proposições em linguagem peculiar, própria do coletivo de pensamento. O saber é apresentado de forma pessoal e provisória. A cada tipo de literatura corresponderia um “tipo” de ciência: para a divulgação, a **ciência popular**; para os iniciados, a **ciência de manual**; e para os especialistas, a **ciência de revista**.

Para realizar o estudo histórico sobre o desenvolvimento dos conceitos ligados à circulação sanguínea, Nadir Delizoicov (2002) baseou-se na idéia de Fleck das fases de desenvolvimento do estilo de pensamento: **instauração** – surgimento

do EP; **extensão** – ampliação e fortalecimento do EP; e **transformação** – conscientização das complicações e afrouxamento da coerção de pensamento, o que permite o aparecimento de um novo EP.

De acordo com a concepção fleckiana, após um estilo de pensamento ter se instaurado, ele pode entrar em expansão e tornar-se cada vez mais forte à medida que aumenta sua influência no coletivo de pensamento, o que é caracterizado pela *“harmonia das ilusões”* (FLECK, 1986a). Os fatos devem estar “encaixados” neste estilo de pensamento vigente que vai se tornando hegemônico. Qualquer contradição que possa aparecer é abandonada, reinterpretada ou considerada como uma dificuldade inicial que será resolvida posteriormente. A este quadro Fleck chama de “tendência à persistência”.

A participação em vários coletivos de pensamento e o intercâmbio dos diversos estilos de pensamento podem promover mudanças teóricas e afrouxar a coerção de pensamento, contribuindo para a mudança de significados de termos e propiciando o surgimento de um novo estilo de pensamento, o que caracteriza a fase da transformação. Indivíduos que participam simultaneamente de vários coletivos atuam *“como um veículo no tráfico de pensamento”* (FLECK, 1986a, p.157), fazendo a **circulação intercoletiva de idéias**, uma das fontes para a mudança ou transformação do estilo de pensamento.

A partir da concepção de circulação intercoletiva de idéias, eu e meus orientadores focalizamos, em trabalho anterior, a obra de Gregor Mendel e sugerimos que a participação deste cientista em vários coletivos de pensamento

teria propiciado a maneira diferente com que ele encarou os fenômenos da hereditariedade (LEITE et alii, 2001).

Segundo argumenta Fleck, a participação em vários coletivos de pensamento, que partilham diferentes estilos de pensamento, pode levar o indivíduo a conviver com elementos logicamente contraditórios, dos quais alguns são encarados como crença e outros como matéria de saber. Dessa forma, os elementos ficariam isolados, não influenciando um no outro, o que evitaria um conflito psíquico:

Se os estilos de pensamento são muitos distintos, então pode-se manter seu isolamento no mesmo indivíduo, enquanto que se, pelo contrário, se trata de estilos de pensamentos mais parecidos, não é tão facilmente possível uma tal separação, pois o conflito que se estabelece entre os estilos de pensamento estreitamente relacionados faz impossível sua coexistência dentro do indivíduo e condena a pessoa à improdutividade ou à criação de um estilo de pensamento especial situado entre ambos (FLECK, 1986a, p.157).

A análise feita por nós sugere que, no caso de Mendel, o convívio simultâneo com diferentes EP foi prolífero, propiciando que ele olhasse de maneira diferente para o problema da herança dos caracteres, ou seja, de uma forma que não se encaixava em nenhum EP específico existente naquele momento histórico.

Se nesse artigo focalizamos a participação simultânea de um indivíduo em vários EP, no trabalho de Rejane Araújo (2002), a questão abordada foi a de um mesmo objeto ser o foco de interesse de diferentes EP. A partir da perspectiva fleckiana, a autora considerou que este seria um “objeto de fronteira”. A enfermidade denominada fibromialgia foi o objeto de fronteira estudado por Araújo. Em sua

dissertação de mestrado *Doenças: Construção e Realidade na Formação dos Médicos*, de 2002, a autora analisou a prática médica e a formação do conhecimento médico especializado e apontou que os médicos especialistas pertencem a diferentes coletivos de pensamento.

Abordando o objeto de conhecimento, é importante destacar que, apesar de Fleck afirmar que o conhecimento é uma construção coletiva, ele não descartou a importância do objeto real e considerava que o ato de conhecer envolve conjuntamente o indivíduo, o coletivo e a realidade objetiva. Armênio M. C. Lima (2003), que, em sua tese *Estilo de Pensar no Ensino de Medicina Homeopática*, buscou analisar a implantação e extensão do EP homeopático na educação médica, entende que, quanto à interação do sujeito com o objeto, Fleck

Não negou a objetividade defendida pelos empiristas, nem a criatividade do indivíduo sugerida pelos idealistas. Os conceitos de ligações (ou conexões ativas) e passivas (aktive und koppeiungen”) empregados por Fleck em sua obra podem ser indicadores de que ele pensava tanto em termos de conhecimento empírico, objetivo (passivo), quanto criativo, subjetivo (ativo). Afirmou, porém que a relação entre ambos é direcionada pelo ambiente social (LIMA, 2003, p. 34).

A epistemologia fleckiana pode ser caracterizada como interacionista-construtivista, pois está baseada na interação de três elementos: o sujeito cognoscente, o objeto e o **estado de conhecimento**. Com a introdução deste último elemento, Fleck pretende destacar a relação entre o antigo e o novo conhecimento. Como ele esclarece: “o já conhecido condiciona a forma e maneira do novo conhecimento, e este conhecer expande, renova e dá sentido novo ao conhecido” (FLECK, 1986a, p.85). O novo conhecimento terá sentido quando inserido em um meio cultural determinado.

Os conceitos novos estão ligados aos antigos e não surgem do “nada”, ou como afirma Fleck (1986a), não nascem por geração espontânea. Há uma continuidade histórica entre eles. Fleck defende a importância da perspectiva histórica ao pensar sobre produção do conhecimento deste modo:

A biologia me ensinou a investigar sempre histórica-evolutivamente todo campo em desenvolvimento. Quem faz hoje anatomia sem embriologia? Pois, da mesma forma, toda teoria do conhecimento que não faça investigações históricas e comparativas cai num jogo de palavras, em uma epistemologia imaginada.

É uma ilusão crer que a história do conhecimento tem pouco a ver com o conteúdo da ciência como, por exemplo, a história do telefone com o conteúdo das conversas telefônicas: pelo menos três quartos dos conteúdos científicos, ou inclusive talvez a totalidade, estão condicionados e são explicáveis histórico-conceitual, psicológica e sociológico-conceitualmente (FLECK, 1986a, p.68).

Apesar de o novo e de o velho conhecimento estarem ligados, havendo uma continuidade histórica entre eles, *“o saber especializado não só aumenta, mas também se transforma basicamente”* (FLECK, 1986a, p. 110). O conhecimento é dinâmico e situado historicamente.

Com uma postura contrária à do Circulo de Viena e para opor-se à neutralidade do modelo empirista mecanicista, Fleck defende o papel ativo do sujeito, que para ele é determinado pela suas interações sociais e culturais estabelecidas historicamente. Dessa maneira, pode-se dizer que esse autor trabalha com uma concepção de sujeito coletivo, que compartilha um estilo de pensamento

peculiar ao coletivo de pensamento ao qual pertence e que determina o estado do conhecimento.

A partir do estudo que realizou sobre as obras de Fleck, Lima (2003) argumentou que os termos mais adequados para as principais categorias propostas por este epistemólogo são “estilo de pensar” e “coletivo de pensar”, já que, no único texto em inglês apresentado por ele, foram estas as expressões correspondentes às utilizadas (style of thinking e community of thinking).

No segundo semestre de 2000, foi oferecida pelo PPGE UFSC a disciplina “Ensino de Ciência e Sociogênese do Conhecimento”⁹, que visava a atender a demanda dos pós-graduandos que estavam interessados em ampliar o entendimento sobre a epistemologia fleckiana.

Em sua tese intitulada *O ensino da medicina veterinária preventiva e a saúde pública nos cursos de Medicina Veterinária*, Márcia Pfuetzenreiter (2003) realizou entrevistas com professores e alunos bem como examinou o currículo de Medicina Veterinária da UDESC, tendo como referencial teórico as categorias fleckianas. Anteriormente, essa autora havia publicado um artigo apontando as possibilidades e as dificuldades na utilização da epistemologia de Fleck em investigações na pesquisa em ensino de ciências na área de saúde (PFUETZENREITER, 2002).

Em fase de conclusão da tese, Slongo (2003) focaliza em seu trabalho a produção acadêmica dos cursos de pós-graduação brasileiros sobre temas

⁹ Esta disciplina foi ministrada por Demétrio Delizoicov.

relacionados ao Ensino de Biologia, tendo como referencial teórico a epistemologia de Fleck.¹⁰

A partir da apresentação desses trabalhos, entendo que a perspectiva fleckiana de produção de conhecimento mostra-se um referencial teórico viável e que contribui para as reflexões que pretendem considerar aspectos filosóficos, históricos e sociológicos na área de pesquisa em Ensino de Ciência. Nesta tese, utilizo trabalhos que abordam a dimensão histórica da produção dos conhecimentos científicos e busco estabelecer uma ponte entre a História da Ciência e o ensino de Ciências, entre historiadores da Ciência e professores. Entendo que as categorias fleckianas, que utilizo como suporte teórico, contribuem para a realização de uma análise epistemológica dos relatos históricos.

¹⁰Mais alunos de cursos de pós-graduação da UFSC, como por exemplo do Curso de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PGECT/CED-CFM), estão utilizando o referencial fleckiano, como é o caso de Scheid, que pretende realizar uma análise epistemológica da história da proposição do modelo de dupla hélice para a molécula de DNA. Esse trabalho ainda está em desenvolvimento.

CAPÍTULO 3

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS

No capítulo anterior, apresentei várias obras que indicam a História da Ciência como um recurso que pode ser utilizado no ensino de Ciências Naturais e de Biologia para superar as concepções inadequadas sobre a natureza da Ciência bem como um expediente a fim de melhorar a educação científica. É necessário apresentar o que trata a História da Ciência.

3.1 A História da Ciência

Dar um significado claro à expressão História da Ciência traz dificuldades, pois envolve trabalhar com as imagens que se tem de Ciência e de História. Isoladamente, os termos 'ciência' e 'história' podem receber vários significados e, unidas para formar a expressão 'história da ciência', apresentam uma grande variedade de possibilidades (SMOCOVITIS, 2000). Não é a mera junção dos significados destas palavras que irá fornecer o significado do que é História da Ciência, pois um novo sentido irá surgir, como declara Alfonso-Goldfarb:

Não basta juntar História e Ciência para que o resultado final provavelmente seja História da Ciência. E isso não acontece só porque a junção ou a combinação de duas coisas diferentes quase sempre produz uma terceira com características próprias, embora se *pareça* com as que lhe deram origem (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 8).

As diferenças entre os campos de investigação da História e da Ciência tornam difícil apresentar um significado claro à expressão História da Ciência. Smocovitis (2000) apresenta algumas supostas distinções entre estes dois campos de investigação, situados em pólos opostos do conhecimento: enquanto a História se preocupa com o passado, a Ciência se ocupa do futuro; a História é ligada à área de humanidades e depende de modelos (padrões) subjetivos, a Ciência é rigorosa e quantitativa, dependente de análises objetivas; a História preocupa-se com a educação e a cultura e a Ciência preocupa-se com a natureza. As duas áreas envolvidas apresentam linguagem, convenções, práticas, treinamento díspares. Na área da História da Ciência, essas diferenças trazem divergências, disputas, conflitos, entre cientistas e historiadores. Essa caracterização apresentada para evidenciar as diferenças entre as duas áreas do conhecimento, no entanto, revela uma visão distorcida e estereotipada tanto da Ciência quanto da História.

No lugar de tentar apresentar uma definição clara para a História da Ciência, acredito que um caminho para compreender esse campo de estudo é conhecer como tem sido o seu desenvolvimento histórico, mesmo que de forma sucinta, como faço a seguir.

No século XIX e início do XX, os trabalhos relacionados à História da Ciência eram tipicamente biografias de grandes cientistas retratados como grandes heróis. Eram produzidos relatos sobre as vidas de pessoas que obtiveram destaque na Ciência e crônicas de fatos considerados importantes para o desenvolvimento científico, ou seja, referiam-se somente aos sábios e às “grandes descobertas”. Isso deixa transparecer que, naquele período, a noção de que a Ciência era feita pelo

trabalho de poucas pessoas que eram consideradas como “gênios” da humanidade. Segundo Roberto Martins (2000b), esses trabalhos, geralmente realizados por amadores, sem treino profissional na área de História e sem apoio institucional, raras vezes apresentavam uma análise crítica. Alfonso-Goldfarb (1994) aponta que, no início do século XX, a História da Ciência tinha um espaço reduzido, e quem se dedicava a realizar trabalhos nessa área eram os grandes cientistas, relatando seus feitos e comentando o desenvolvimento dos conceitos das suas áreas de pesquisa. Igualmente, cientistas em fim de carreira se dedicavam à História da Ciência e ministravam aulas sobre o tema para estimular seus jovens alunos,

(...) se acreditava que ao alcançar a maturidade numa área de estudos, se alcançava também o mérito de poder falar sobre sua história (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p.70).

Como esses cientistas já estariam com suas carreiras bem estabelecidas e seus programas de pesquisas consolidados, poderiam dedicar algum tempo a investigar e refletir sobre a História da Ciência (SMOCOVITIS, 2000).

Os trabalhos históricos eram constituídos principalmente de relatos dos fatos e eventos que haviam contribuído para o sucesso da Ciência, os “acertos”. Idéias antigas que foram abandonadas eram consideradas “erros”. Estes não apareciam nos relatos históricos ou, então, eram apresentados como empecilhos que atrapalhavam o progresso da Ciência, impedindo ou retardando o seu desenvolvimento. As biografias de cientistas ilustres também caracterizavam esse período, em que havia a busca pelos “pais da ciência” ou “fundadores”. Nesses estudos, o passado era analisado com a intenção de auxiliar a compreender o

presente, pois se acreditava que o conhecimento científico tinha um progresso linear e cumulativo. Assim, a história deste conhecimento seria também linear, fazendo-se a apresentação do progresso cumulativo dos conhecimentos. Uma das conseqüências problemáticas disto é que o conhecimento do passado era analisado tendo-se como referência o que se conhecia na atualidade. Nesses relatos históricos, em que apareciam muitas datas e nomes, destacava-se o estudo da evolução dos conceitos. O contexto social era desconsiderado, pois havia a crença na neutralidade da Ciência e que seu desenvolvimento não seria influenciado pelo meio externo. A ciência era a busca da verdade, e, assim, a sua história era o relato do caminho percorrido em busca da verdade.

Eram característicos desse período relatos históricos longos e enciclopédicos como as obras de George Sarton, Lynn Thorndike, Joseph Needham e Charles Gillispie. Havia, no entanto, diferenças entre suas posturas: enquanto Sarton utilizava somente elementos que consideravam ser absolutamente racionais para descrever o desenvolvimento histórico do conhecimento científico, Thorndike buscava introduzir fatores não racionais e contextuais (FILGUEIRAS, 2001). Joseph Needham abordou vários aspectos ao elaborar suas análises quando pesquisou a Ciência chinesa e com isso aproximou-se de uma postura externalista e distanciou-se da postura linear e mecanicista (ACOT, 2001).

O desenvolvimento da História da Ciência se deu dentro do campo da Ciência, servindo aos seus interesses e apresentando grande ligação com a Filosofia. Não havia, entretanto, uma aproximação com o campo da História e seus métodos e procedimentos eram desconsiderados. Assim, preocupada principalmente

com o desenvolvimento dos conceitos e teorias, focalizando especialmente o interior da Ciência e desconsiderando os aspectos externos a ela (como questões econômicas, políticas, religiosas e sociais), essa História da Ciência foi caracterizada como 'internalista'. A partir da década de 30 do século XX, porém, a situação começou a se alterar. No congresso de História da Ciência realizado em Londres, em 1931, os soviéticos levantaram a questão da influência do meio social sobre o trabalho dos cientistas, o que auxiliou a abrir caminho para a perspectiva 'externalista' da história da ciência (ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

Além da discussão sobre a influência dos aspectos sociais na produção do conhecimento científico, a apresentação de novas idéias científicas no início do século XX, como a Teoria da Relatividade e a Teoria Quântica - que pareciam romper com o modelo de Ciência estabelecido na época - trouxe a necessidade de se questionar também o aspecto da continuidade do conhecimento científico. Um dos primeiros a abordar este aspecto foi o filósofo da Ciência francês Gaston Bachelard, na década de 1930. Recorrendo à História da Ciência, ele argumentou que o conhecimento não era produzido somente por acumulação ou pelo aprimoramento, mas que ocorriam saltos durante o processo. Segundo Bachelard, para se produzir novo conhecimento era necessário que se rompesse com a velha forma de pensar, com o velho conhecimento. O processo de construção do conhecimento científico era descontínuo e se dava mediante o que Bachelard chamou de rupturas epistemológicas. Para ele, a descontinuidade ocorre tanto entre o conhecimento comum (senso comum) e o conhecimento científico como também entre as fases de desenvolvimento do conhecimento científico.

Outro pensador que considerou a descontinuidade do conhecimento científico foi Ludwik Fleck (1896-1961). Em seu livro '*A Gênese e o desenvolvimento de um fato científico*', publicado em 1935, ele expõe as linhas principais da sua epistemologia, pautada principalmente no caráter social da Ciência. A ênfase na dimensão social e no trabalho coletivo da produção do conhecimento científico faz com que esse autor seja apresentado como um dos primeiros a pensar a Ciência com uma abordagem sociológica (TRENN e MERTON, 1981; SCHENELLE, 1986, DELIZOICOV ET AL., 1999).

Fleck, buscando defender a importância da perspectiva histórica, fala sobre continuidade da História da Ciência, afirmando que estamos ligados a um passado e que os conceitos não surgem por "*geração espontânea*" (FLECK, 1986, p. 67). Ao abordar, porém, as transformações que ocorrem nos estilos de pensamento e argumentar que "*o saber especializado não só aumenta, mas também se transforma basicamente*" (FLECK, 1986, p. 110), ele está abordando o tema da descontinuidade do conhecimento. Fleck, no entanto, contemporâneo de Bachelard, não teve seu trabalho muito divulgado.

O trabalho de Thomas S. Kuhn é considerado um dos mais influentes na área da Epistemologia. Suas idéias sobre o desenvolvimento do conhecimento científico envolvem a noção de descontinuidade ao apontar a existência das revoluções científicas, o que significa a substituição do paradigma anterior por um novo. E, assim, o conhecimento se desenvolve através de um processo não cumulativo, ocorrendo através de saltos ou revoluções. Este epistemólogo dirige críticas à forma de fazer a História da Ciência tradicional, recheada de anedotas e cronologias, e

defende o argumento de que, ao utilizar os registros históricos, torna-se mais difícil justificar que o conhecimento é um empreendimento feito por acumulação:

A mesma pesquisa histórica, que mostra as dificuldades para isolar invenções e descobertas individuais, dá margem a profundas dúvidas a respeito do processo cumulativo que se empregou para pensar como teriam se formado essas contribuições individuais à ciência (KUHN, 2001, p. 21).

Para Kuhn, as rupturas no desenvolvimento do conhecimento científico são as revoluções científicas. Após um período de ciência normal, em que um paradigma é totalmente aceito, as anomalias começariam a se tornar importantes, o que caracterizaria um momento de crise. Um novo paradigma emerge e o antigo é rejeitado. Esse é um caminho descontínuo, onde há uma reconstrução, uma nova elaboração, uma mudança de paradigma em *que “o mundo do cientista é tanto qualitativamente transformado como quantitativamente enriquecido pelas novidades fundamentais de fatos ou teorias”* (KUHN, 2001, p. 27).

O debate proporcionado pelas idéias de Kuhn atraiu vários especialistas como filósofos, historiadores, sociólogos, antropólogos e cientistas. O campo da História da Ciência ganhava novos adeptos, que buscavam também repensar um novo papel para ela. Em vez das grandes crônicas e relatos em que se buscava destacar os pais ou precursores da Ciência, havia a possibilidade de investigar o conhecimento científico e a comunidade científica de acordo com os critérios de cada época. Abria-se espaço também para estudos sobre a Ciência e a Sociedade. Assim, além dos componentes internos à Ciência, a ampliação de estudos e debates sobre os

elementos externos a ela e as influências sociais que poderiam influir no seu desenvolvimento incrementaram a área da Sociologia da Ciência.

No campo da História, transformações também ocorreram nesse período. Alguns historiadores, na segunda década do século XX, começaram a fazer oposição à história tradicional que era:

(...) a narrativa dos acontecimentos políticos e militares, apresentada como a história dos grandes feitos de grandes homens – chefes militares e reis (BURKE, 1997, p. 17).

As críticas à antiga postura histórica e a defesa de uma nova História tiveram como veículo principal a revista idealizada pelos historiadores Lucien Febvre e Marc Bloch “*Annales d’histoire économique et sociale*”. A revista, que posteriormente ficou conhecida simplesmente como *Annales* e que teve seu primeiro número publicado em 15 de janeiro de 1929, existiu até 1989 e obteve bastante êxito. O grupo de pessoas que com frequência publicava na revista ficou conhecido como Escola dos Annales¹¹, e contribuiu para o surgimento da *nouvelle histoire* (nova história). A Nova História pretendia superar a forma narrativa, buscava ser mais abrangente e totalizante e se aproximar de outras disciplinas (como a Geografia, a Sociologia, a Psicologia, a Economia e outras). Essa mudança conceitual ficou conhecida como Revolução Francesa da Historiografia. O movimento dos *Annales* influenciou a postura dos historiadores, não se limitou ao campo da História e exerceu influência em outras áreas de estudo, inclusive na História da Ciência (BURKE, 1997).

¹¹ Além de Febvre e Bloch, também participavam deste grupo: Fernand Braudel, Georges Duby, Jacques Le Goff e Emmanuel Le Roy Ladurie (BURKE, 1997).

Na década de 1960, os departamentos, tanto da área de História quanto de Ciências, abriram espaço para historiadores da Ciência e em algumas universidades foram organizados alguns poucos departamentos específicos para a área da História da Ciência. Apesar, entretanto, de parecer que isto poderia estar unindo profissionais oriundos de áreas diversas em torno da pesquisa sobre História da Ciência, acabou por agravar a rivalidade entre historiadores da Ciência e cientistas que faziam trabalhos nesta área. Os jovens historiadores e filósofos, visando o afastamento da tradição da História da Ciência, assumiram o papel de críticos da Ciência. E assim, muitos acabaram se afastando dos objetivos científicos do estudo (SMOCOVITIS, 2000). De forma pejorativa, os historiadores utilizavam termos como história “*whiggish*” e “*whig*” para difamar o tipo de História da Ciência especialmente feita por cientistas, a qual era caracterizada como progressiva, cumulativa, guiada por modelos oriundos da Filosofia da Ciência.

O historiador Herbert Butterfield, em sua obra *The Whig Interpretation of History*, de 1931, usou a expressão *whig history* para se referir ao tipo de estudo histórico produzido a partir da interpretação do passado, tendo como referencial o presente e baseando-se na noção de progresso. Essa expressão tinha como inspiração o partido político britânico *Whig*, formado por liberais, que defendiam o progresso (e maior poder do parlamento junto à monarquia). Entre os simpatizantes dos ideais liberais do século XIX estão Lyell e Darwin (DESMOND e MOORE, 2000).

Em seu livro *The Origins of Modern Science*, de 1949, Butterfield não reconheceu a História da Ciência como campo disciplinar, pois entendia que ela não passava de produção de crônicas e de organização de anais, não estando, portanto,

à altura da História (FILGUEIRAS, 2001). Segundo Mayr (1998), em 1957, Butterfield também utilizou o termo *whiggish* para se referir ao tipo de História da Ciência que julga a contribuição de trabalho científico realizado no passado através de critérios ligados aos conceitos atuais e ignora o contexto em que ocorreu sua produção. Na história *whig*, a evolução dos conhecimentos é entendida como um processo linear, crescente e cumulativo, sendo que o estágio de conhecimento atual seria resultado do aperfeiçoamento do conhecimento antigo. As antigas idéias, porém, que foram abandonadas ao longo deste percurso, são desconsideradas ou entendidas como erros. Nesse enfoque histórico, acreditava-se que as Ciências Naturais eram de natureza empírica e racional, portanto, em seu estudo não se aplicavam aspectos sociológicos. Predominava a visão ingênua da Ciência, na qual se considerava que um conhecimento era verdadeiro se fosse baseado em observações e experimentos. A Física era considerada o modelo para a Ciência (MARTINS, R., 2000b). A Ciência era entendida como uma atividade neutra à procura da verdade e sua história seria o relato do caminho para a verdade.

Os cientistas que trabalhavam com História da Ciência sentiram-se ofendidos por serem chamados de *whig*, e começaram a chamar de “*prig*” (esnobe) o tipo de estudo histórico produzido pelos historiadores, que acreditavam que sua forma de trabalho era a “*única história da ciência real*” (SMOCOVITIS, 2000).

Ernst Mayr (1998)¹² defende que tanto historiadores quanto cientistas têm contribuições a oferecer para o desenvolvimento da História de Ciência:

¹² Mayr é ornitologista, taxólogo, professor de Zoologia e um dos autores da síntese evolucionária moderna. É um escritor reconhecido da área da História da Ciência e recebeu a medalha Sarton pela sua contribuição à esta área e a Medalha Nacional da Ciência (SIMMONS, 2002).

A história da ciência requer inspiração, informação e apoio metodológico, tanto da ciência como da história, e, em contrapartida, contribui com as suas descobertas para ambos os campos (MAYR, 1998, p. 28).

Abordando particularmente a Biologia, Mayr (1998) afirma que cabe aos historiadores estudar o período mais antigo da História da Biologia, enquanto que aos cientistas cabe discutir os aspectos ligados às disciplinas biológicas especiais, que são dominadas por eles.

Mayr (1998) defende o argumento de que as mudanças científicas provêm tanto do interior do próprio campo como das influências do meio intelectual, cultural e social da época, mas que a importância de cada um destes aspectos não é absoluta, é relativa, principalmente quanto às disciplinas específicas. A abordagem que utiliza para escrever a “sua” História da Ciência é a de enfatizar a história das tentativas de solução de problemas, tendo em vista a sua concepção de ciência, explicitada em seu livro *O desenvolvimento do pensamento Biológico*:

Tendo em vista que a essência da ciência é o processo continuado de solução de problemas na busca de um entendimento do mundo em que vivemos, uma história da ciência é antes de tudo uma história dos problemas da ciência e de sua solução, ou de soluções tentadas. Mas ela é também uma história do desenvolvimento dos princípios que formam a estrutura conceitual da ciência. Como as grandes controvérsias do passado muitas vezes se estendem até a ciência moderna, muitos problemas atuais não poderão ser plenamente entendidos sem uma compreensão da sua história (MAYR, 1998, p. 15).

Tanto as histórias de vitórias e sucessos como dos erros e fracassos devem fazer parte de um estudo histórico, sem, no entanto, se subestimar o aspecto conceitual (MAYR, 1998).

Smocovitis (2000), entretanto, apresenta Mayr como um representante da primeira geração de historiadores, os quais acreditavam que a Ciência era um processo cumulativo em busca da verdade, e coloca a obra *O desenvolvimento do pensamento Biológico*, publicada em 1982, como um exemplo de documento histórico que pode servir tanto como fonte primária quanto secundária para os estudos e que há nesse livro uma interação dos aspectos históricos e filosóficos com o conteúdo científico.

Na disputa dentro do campo da História da Ciência, os historiadores vinham ganhando mais destaque e as várias linhas construtivistas mais atenção para a abordagem da construção social da Ciência. Os cientistas temiam que os estudos de Ciências se transformassem em ‘estudos culturais’. Na década de 1970, pesquisas etnográficas estavam sendo realizadas para estudar as atividades científicas inspiradas no Programa Forte da Sociologia, que defendia “*como objeto legítimo de investigação sociológica o conhecimento científico enquanto tal*” (PALÁCIOS, 1994, p. 177). O Programa Forte tem como principais referenciais teóricos os pressupostos Durkheim e Mannhein e como representantes de destaque, David Bloor e Barry Barnes.

Na metade da década de 1990, o conflito entre cientistas e críticos da Ciência (pós-modernos, feministas, multiculturalistas e construtivistas) se acirrou. Esses

confrontos ficaram conhecidos como “*Guerras da Ciência*” (Science Wars) (SMOCOVITIS, 2000).

Um episódio que marcou este período foi a publicação do artigo do físico Alan Sokal *Transgressing the Boundaries: Towards a Transformative Hermeneutics of a Quantum Gravity*, na revista *Social Text*, em 1996. Nesse artigo, o autor utilizou-se do tipo de linguagem e de referências de teóricos reconhecidos da área de estudos culturais e dos críticos da Ciência (como Derrida, Serres, Keller, Haraway, Aronowitz, entre outros), e apresentou-se como um crítico da ciência dura (*hard*) e que buscava aproximar-se das Ciências Humanas com um enfoque pós-moderno.

Logo depois, Sokal publicou dois outros artigos na revista *Língua Franca* em que revelou seu blefe: ele havia baseado seu artigo anterior em verdades, meias verdades, especulações, ambigüidades e falsas conclusões, com a intenção de criticar e combater o discurso dos pós-modernos, pós-estruturalistas e socio-construtivistas, a quem ele acusava de serem portadores de baixos padrões de rigor intelectual. Esse episódio ficou conhecido como a “farsa ou o embuste de Sokal”. A repercussão desses artigos foi grande e os cientistas sociais buscaram defender seu campo de estudos e investiram contra Sokal (CHASSOT, 2000; SMOCOVITIS, 2000).

Em 1999, Alan Sokal publicou o livro *Imposturas Intelectuais* em parceria com o físico belga Jean Bricmont, no qual o ataque aos pós-modernos foi reforçado. Eles combatiam o relativismo e a utilização das Ciências Naturais para sustentar as teses relativistas dos pós-modernos. Criticavam o mau uso das analogias, principalmente

aquelas retiradas do campo das Ciências Naturais e aplicadas no estudo dos fenômenos sociais e humanos, como comentou Guerrieri:

O problema começa quanto a metáfora se hipostasia e toma o lugar do seu referente. Aí começa-se a aplicar ao mundo real (ou à imagem que sobra dele) as regras que valem apenas para a metáfora (GUERRIERI, 2001, p. 119).

Guerrieri (2001) criticou a proposta epistemológica apresentada por Sokal e Bricmont nesse livro. A principal crítica foi dirigida à ênfase dada aos resultados empíricos, à evidencia dos fatos e à experiência como principal fonte para a refutação das teorias científicas. Os autores visavam, com essa postura, negar a exclusividade dos fatores sociais, políticos, culturais e econômicos. Essas características levaram Guerrieri a considerar que a proposta de Sokal e Bricmont se aproximava de uma concepção neopositivista (empirismo lógico).

A batalha entre os campos acadêmicos continuou. Chassot (2000) comentou sobre a questão:

Não restam dúvidas que, mesmo que argumentemos contra Sokal, especialmente pelos aspectos éticos envolvidos na sua maneira de investir contra uma área das Ciências, as questões levantadas neste debate foram/são importantes. As questões de linguagem, herméticas em um e outro dos campos que se digladiaram, precisam ser revistas. Um e outro lado se viram despojados de muitas de suas certezas. Talvez, no rescaldo de ônus e bônus, tenha restado para a Academia a constatação de uma necessária dose de humildade (CHASSOT, 2000, p. 412).

Apesar de estar em um “*campo minado de pontos de vista conflitantes*” (SMOCOVITIS, 2000), o campo de pesquisa em História da Ciência está se

ampliando. A quantidade de pessoas envolvidas com História da Ciência tem aumentado, bem como o número de congressos, cursos de pós-graduação e revistas. Continuam, porém, a existir o que Roberto Martins (2000b) chama de amadores: jornalistas e cientistas que não têm treinamento para lidar com temas históricos e os tratam de forma ingênua. E, assim, a perspectiva *whig* é perpetuada, aparecendo também em introduções históricas de trabalhos científicos (MARTINS, 2000b)

Os avanços tecnológicos contribuem para alterar a prática da pesquisa nas diversas áreas do conhecimento, facilitando o acesso à informação e a comunicação à distância entre pesquisadores, situação que não é diferente para a Historiografia da Ciência. Segundo Roberto MARTINS (2000b), é possível encontrar na Internet trabalhos de grupos de pesquisa e de pesquisadores individuais, resumos e artigos completos de alguns periódicos, catálogos informatizados de bibliotecas, arquivos de museus e também grupos que discutem temas da História da Ciência por via eletrônica. Tem ocorrido a ampliação do número de bancos de dados informatizados, o que contribui para facilitar a pesquisa sobre a literatura secundária para a História da Ciência, processo que é mais lento no que se refere às fontes primárias, em razão do grande volume de material e informações que necessitam ser obtidas e digitadas. Para Martins, esses recursos tecnológicos podem contribuir para a formação de novos historiadores da Ciência e para a divulgação da História da Ciência.

Nas décadas de 70 e 80 do século XX, a utilização de bases de dados informatizada gerou a expectativa do desenvolvimento de muitos trabalhos de

caráter quantitativo na História da Ciência, o que não ocorreu. A abordagem sociológica tem dominado essa área de pesquisa nos tempos atuais (MARTINS, 2000b). Geralmente os trabalhos têm como foco os aspectos sociológicos da Ciência e a luta dos cientistas pelo poder e reconhecimento. Roberto Martins (2000b) aponta as principais características dessa abordagem: não aceitar as interpretações psicológicas, desconsiderar a análise conceitual, substituir a Epistemologia pela análise social da prática científica, desvalorizar a Ciência; descrever e compreender a dinâmica social sem fazer referências a valores epistêmicos. Compartilho da mesma opinião de Roberto Martins quando ele afirma que

(...) é válido e útil estudar as forças sociais que agem no desenvolvimento da ciência, e que esses estudos proporcionam um grande favor à compreensão da dinâmica científica, desmistificando os “grandes cientistas” e tirando o pesquisador do seu pedestal. Por outro lado, acredito que não é válido limitar a história da ciência (e toda a metaciência) à sociologia da ciência. Não existe uma abordagem única que seja a única a ser seguida por todos (MARTINS, 2000b, p. 49).

Roberto Martins (2000b) continua sua crítica ao afirmar a importância da Epistemologia filosófica, elemento que os partidários da abordagem sociológica forte buscam ignorar. O autor argumenta que o conhecimento epistemológico é fundamental para a análise sociológica e que as normas e critérios utilizados pelos cientistas em suas pesquisas não podem ser analisados em raciocínio puramente sociológico.

Ao comentar o estágio atual da História da Ciência, Alfonso-Goldfarb (1994) também reitera a necessidade de realizar análises que envolvam os aspectos históricos, filosóficos e científicos, ao afirmar que

... a História da Ciência contemporânea, ao deixar de ser um mero apêndice da ciência, não se transferiu diretamente para o campo das disciplinas históricas. Pois é preciso que se olhe para a ciência de forma histórica e filosófica; mas também para a história de forma filosófica e científica; e, ainda, saber enxergar a filosofia de maneira histórica e científica para afinar os instrumentos de que se vale a História da Ciência em seu trabalho. O que transformou nos nossos dias a História da Ciência num exemplo de estudo interdisciplinar (ALFONSO- GOLDFARB, 1994, p. 87).

Apesar do atual predomínio da abordagem sociológica, Roberto Martins (2000b) aponta outras tendências nos trabalhos atuais da área de História da Ciência: estudo de temas e personagens que não pertencem à corrente da Ciência vitoriosa; estudos sobre a Ciência recente ou atual; estudos etnográficos do trabalho científico; coleta ativa de documentos, com a formação de arquivos relativos à Ciência recente; produção ativa de documentos, como entrevistas a pesquisadores; estudo de diferentes culturas, incluindo a Ciência antiga não européia; estudos etnológicos de temas científicos e técnicos; estudos que tratam da relação entre Ciência e temas sociais importantes (raça, gênero, minorias). Ainda há, porém, predominância de trabalhos ligados à Ciência européia e aos grandes personagens. É o caso da biografia de Charles Darwin, escrita por Adrien Desmond e James Moore (2000).

Para o campo da História da Ciência, Roberto Martins (2000b) prevê que nas próximas décadas a abordagem sociológica estará mais isolada das demais; que outras abordagens serão aceitas pelos sociólogos da Ciência como válidas e que haverá um fortalecimento das abordagens conceitual, metodológica e filosófica, que são tidas pelo autor como relevantes para a educação científica.

O interesse despertado pela utilização da História da Ciência no ensino é indicado por Roberto Martins (2000b) como uma das fontes para possíveis transformações que poderão ocorrer nesse campo. O autor aponta que os historiadores produzem trabalhos dirigidos a seus pares, em que prevalecem os aspectos sociais e que os aspectos filosóficos e conceituais acabam sendo ignorados. Isso não atende as necessidades dos professores de Ciências. Para os docentes que buscam enriquecer seu trabalho com a perspectiva histórica são necessários estudos com uma análise na qual sejam privilegiados os aspectos sociais e também os filosóficos, metodológicos e conceituais. Para Martins

Haverá, portanto, uma grande pressão de origem educacional para a produção de uma nova linha de trabalhos historiográficos dedicados a temas conceituais, filosóficos e metodológicos, que os historiadores da ciência com formação sociológica não desejam nem estão preparados para desenvolver (MARTINS, 2000b, p. 47-48).

Assim, haveria uma lacuna que cientistas e educadores, por necessidade, buscarão preencher, produzindo trabalhos que poderão constituir *“uma nova história conceitual e filosófica da ciência”* (MARTINS, 2000b, p. 48). É nesta interface que este trabalho pretende atuar: buscar referências no campo da História da Ciência para contribuir com a educação científica.

3.2 A Presença da História da Ciência na Educação Científica

Atualmente, há quase um consenso sobre a importância da perspectiva histórica na educação científica (LOMBARDI, 1997), uma tendência que está

presente desde meados do século XIX (BIZZO, 1992). Chassot (2000, 1998) é um dos que acredita que a História da Ciência deve estar presente nas salas de aula e afirma que ela assume o papel de facilitadora da alfabetização científica. Wilkie, um pesquisador preocupado com o entendimento público da Ciência, destaca a importância da história no debate de temas atuais, como no caso do Projeto Genoma Humano:

Qualquer discussão sobre as consequências morais do Projeto Genoma Humano deve ter por base uma compreensão tanto dos poderes quanto dos limites da ciência - e para isso a história das ciências é tão necessária quanto os fatos básicos da biologia (WILKIE, 1994, p. 9).

Reconhecendo a importância da perspectiva histórica e de temas sobre a natureza da Ciência para o ensino brasileiro, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), de 1999, apontam entre as competências e habilidades que deverão ser desenvolvidas pelos estudantes durante o ensino médio a capacidade de: perceber o sentido histórico da Ciência e da tecnologia e a função desempenhada por elas em diferentes momentos históricos; entender a atividade científica como uma construção humana que apresenta momentos de acumulação, continuidade e rupturas do conhecimento, e que esses momentos estão ligados às transformações ocorridas na sociedade. Referindo-se particularmente ao ensino de Biologia, os PCN indicam que

Elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias

científicas estão associados a seu momento histórico (BRASIL, 1999, p. 32).

Os PCN sugerem que os conteúdos, como Genética, Ecologia e Evolução, sejam trabalhados mediante uma abordagem que considere as diferentes idéias científicas que estiveram presentes no caminho da humanidade e as relacione ao seu contexto histórico. Com esta atitude, pretende-se que os estudantes possam compreender a “*dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica*” (BRASIL, 1999, p. 36).

O reconhecimento, pelos PCN, que a História da Ciência pode desempenhar um papel importante no ensino de Ciências contribui para abrir caminho para a utilização da abordagem histórica, porém, devo lembrar que os professores devem estar preparados para trabalhar nessa perspectiva.

No Brasil, o número de pesquisas que relacionam o ensino de Ciências e a História da Ciência tem aumentado, entretanto, com diferentes enfoques em relação à maneira como se pode utilizar a dimensão histórica na área educacional. Fernando Bastos (1998) realizou um trabalho no qual buscou sistematizar os trabalhos realizados dentro de algumas linhas temáticas. São elas:

- 1) Exame crítico dos relatos de História da Ciência que têm sido veiculados nas escolas. Nesse grupo, estão trabalhos que produzem análises sobre relatos históricos disseminados na educação formal, tanto no âmbito do ensino fundamental como no superior. Esses trabalhos apontam um conjunto de problemas ligados à História da Ciência presente nas escolas, como: apresentar erros graves sobre fatos históricos; desconsiderar as relações entre

produção do conhecimento científico e o contexto externo à Ciência; propagar a noção de que a Ciência é feita de descobertas realizadas por cientistas geniais; ignorar as discussões científicas do passado e idéias discrepantes das atuais, enaltecendo o conhecimento atual e os paradigmas presentes e incentivando a idéia de que esses são constituídos por verdades imutáveis.

- 2) Produção de relatos de História da Ciência que atendam às necessidades específicas do ensino de Ciências: nesta linha de pesquisa estão os trabalhos que pretendem produzir relatos de História da Ciência que conjuguem temas importantes da Ciência com uma linguagem acessível e de um modo condensado com a intenção de contribuir com o trabalho dos professores em sala de aula.
- 3) Estudos em que a História da Ciência é usada como fonte de inspiração para a estruturação dos conteúdos e para a proposição de estratégias de ensino: esses trabalhos entendem que a História da Ciência pode ser utilizada para auxiliar a definição dos conteúdos de ensino (os conceitos estruturantes), bem como contribuir para a determinação da seqüência de conteúdos e atividades. Além dessa função, a História da Ciência pode ser também o próprio tema da aula.
- 4) Produção e avaliação experimental de currículos e material de apoio: estão incluídos nessa linha de pesquisa trabalhos que buscam criar e testar novas propostas de roteiros de aulas, unidades didáticas, materiais didáticos suplementares inspirados na perspectiva histórica.

Acredito que meu trabalho possa ser encaixado na primeira linha de pesquisa apresentada aqui, pois realizei uma análise da perspectiva histórica veiculada em um curso de formação de professores, via livros utilizados nas aulas de Genética.

ALFONSO-GOLDFARB (1994) apóia a utilização da História da Ciência, justificando que, além de ser um estímulo para o ensino, ela traz várias outras contribuições: possibilita que os professores evitem encarar seus estudantes como jovens cientistas, futuros gênios; evita uma postura que apresenta o conhecimento científico como superior e predestinado, o que possibilita reduzir a inibição dos alunos frente à Ciência e os estimula a participar mais das aulas; proporciona o entendimento dos processos e convenções da Ciência mediante o estudo da gênese das idéias científicas, evitando que os conteúdos sejam simplesmente decorados.

A utilização da História da Ciência no ensino é defendida por Gagliardi e Giordan (1983), quando se tem como objetivo desenvolver nos alunos a capacidade de aprender, de fazê-los utilizar os conhecimentos científicos e de prepará-los para adquirir novos conhecimentos. Esses autores entendem que a História das Ciências pode ser tratada como um tema de ensino, o que permite o estudo da História em si e também possibilita a discussão sobre a origem e os mecanismos de construção do conhecimento científico. Eles consideram que a História da Ciência pode ser utilizada também como uma ferramenta importante para definir os conteúdos fundamentais (conceitos estruturantes) do ensino.

Para defender a utilização da História da Ciência, Peduzzi (2001) apresenta uma lista relacionando seus benefícios para o ensino de Ciências: auxiliar a trabalhar com as concepções alternativas; desenvolver a cultura geral do aluno;

destacar o papel das idéias metafísicas e teológicas no desenvolvimento das teorias científicas antigas; estimular novos modos de ensinar certos conteúdos; oportunizar que as aulas de Ciências sejam mais desafiadoras e reflexivas, tornando-as mais críticas; e favorecer o relacionamento entre estudantes e docentes. O autor argumenta, porém, que, ao se utilizar a História da Ciência na educação científica, é necessária uma fundamentação teórica, proveniente da Filosofia da Ciência, pois História e Filosofia da Ciência são interligadas.

Lilian Martins (1998) acredita que a História da Ciência pode ser um recurso didático que torna a aprendizagem das Ciências mais interessante e fácil. Concomitantemente, a perspectiva histórica contribui para a construção de uma imagem mais concreta da Ciência, de seus métodos e suas limitações, possibilitando que os estudantes desenvolvam o espírito crítico. Lilian Martins sugere que se evite tanto uma postura ingênua quanto arrogante da Ciência. A História da Ciência auxilia a desmistificar a Ciência ao apontar que seu desenvolvimento ocorreu ao longo do tempo e que mudanças aconteceram durante o percurso, que ela é uma atividade humana, e portanto, passível de falhas. Desse modo, as idéias científicas não podem ser consideradas definitivas. A ciência, no entanto, não pode ser desvalorizada.

Para Lilian Martins (1998), a História da Ciência pode facilitar o aprendizado de conteúdos científicos, ao possibilitar que os estudantes percebam que os conceitos passaram por um desenvolvimento lento até alcançar o estágio atual, que ocorreram obstáculos e dificuldades ao longo do percurso. Os alunos, portanto, sentem-se mais à vontade, pois entendem que a eles também é permitido ter

dúvidas e dificuldades. Utilizar a perspectiva histórica, para essa autora, pode contribuir para que os estudantes percebam que as idéias não são aceitas pela comunidade científica somente pela sua fundamentação, mas que o contexto social, político, filosófico e/ou religioso influencia nesse processo de aceitação.

Apesar de muitos pesquisadores acreditarem que a utilização da História da Ciência traz benefícios para o ensino de Ciência, alguns alertam sobre os problemas que podem ocorrer. Lilian Martins (1998) afirma que, ao utilizar a perspectiva histórica deve-se evitar as longas biografias, cheias de datas, sem contextualização e sem referências à filosofia e às idéias científicas. Apresentar somente as idéias que tiveram sucesso e são aceitas atualmente, sem mostrar as dificuldades e os problemas enfrentados, pode ser prejudicial por estimular uma visão equivocada da Ciência. Ao utilizar a História da Ciência, não se pode permitir que a experiência do aluno seja ignorada ou desvalorizada.

Kassou e Souchon (1992), do mesmo modo, indicam que a ausência de contextualização e a desconsideração da ligação entre Ciência e Sociedade trazem problemas para a abordagem histórica. Muitas vezes, trabalhar com a História da Ciência se reduz à apresentação de descobertas e anedotas, o que é prejudicial, mas, quando bem conduzida, a utilização da história no ensino de Ciências auxilia na aquisição de conceitos e na construção da imagem da Ciência.

Igualmente, Bizzo (1992) concorda com a idéia de que pode haver problemas na utilização da História da Ciência na educação científica. Ele alerta para alguns cuidados que se deve ter como evitar uma postura que revele uma idéia de *continuum* da história. Essa concepção está embasada na compreensão de que o

passado ilumina o presente e que há continuidade nas teorias científicas. A visão da História como uma modificação progressiva (acumulação), com destaque somente para as teorias que tiveram sucesso e a interpretação do passado como simplificação do presente são elementos que caracterizam a perspectiva *whig*. Nessa perspectiva, a história é linear, centrada em heróis e descobertas e fundamentada na crença da acumulação do conhecimento. Bizzo explica que alguns autores buscam na História o direcionamento para procedimento pedagógico, porém ele lembra que os alunos não estão repetindo passos dos cientistas, apesar de poderem existir semelhanças entre concepções alternativas de estudantes e algumas idéias antigas de cientistas. Esse argumento é igualmente defendido por Giordan e Vecchi (1996), ao apontarem que o caminho percorrido pela comunidade científica é diferente daquele a ser percorrido pelos estudantes:

O contexto, as questões levantadas e os desafios sociais ou econômicos são muito diferentes. Mas a história das idéias nos fornece alguns elementos que permitem entender a complexidade dos fenômenos; ela põe em evidência também uma série de parâmetros que exercem um papel importante na elaboração dos conhecimentos (GIORDAN e VECCHI, 1996, p. 149).

As duas críticas principais feitas ao enfoque histórico no ensino de Ciências são apontadas por Lombardi (1997): a simplificação da História e a interpretação dos fatos históricos. Ele contesta ambas as críticas. Quanto à primeira crítica, o autor argumenta que não há como fazer uma história completa (completude histórica é impossível), e que o trabalho dos historiadores é justamente selecionar e organizar, e para isso eles utilizam critérios para realizar o recorte com base em suas interpretações. Este ponto se liga à segunda crítica refutada pelo autor, quanto à

interpretação dos fatos. Ele sustenta que a História é uma interpretação e a posição epistemológica do historiador é um elemento decisivo nessa interpretação. Ele destaca que o problema é considerar a História do conhecimento científico como algo de caráter linear, com continuidade acumulativa e que avalia a Ciência do passado com referências do conhecimento atual. Isso caracteriza uma história teológica, em que cada etapa determina a seguinte (como a postura *whig*). O posicionamento de Lombardi se aproxima do defendido por Bizzo (1992). Lombardi argumenta, que se a postura epistemológica utilizada na interpretação histórica for explicitada no ensino de Ciência, ao contrário de se transformar em um obstáculo, pode servir como estímulo para reflexão dos estudantes.

Para Roberto Martins (1993), a maneira de conduzir o ensino de Ciências, utilizando a perspectiva histórica, está ligada à concepção que se tem de História e de seu papel. Deve-se, porém, ter cuidado com excessiva simplificação e estar alerta, considerando sempre que

(...) nenhuma abordagem é completa, pois nenhuma pode conter toda a realidade. Nesse sentido, o estudo da história é revolucionário, não porque ele ensina que uma determinada concepção sobre História é correta, mas porque ele ensina que nenhuma é completa (MARTINS, 1993, p.75).

Esse autor sugere que algum ponto seja estudado em detalhes, profundamente, buscando-se compreender o contexto cultural, técnico e científico da época considerando também os aspectos econômicos, políticos, religiosos.

Em uma entrevista concedida à Revista *Episteme*, Roberto Martins (2000a) afirma que utilizar História e Filosofia da Ciência no ensino é uma tendência mundial e irreversível, mas que no Brasil esta situação é diferente porque faltam pessoas preparadas nessas áreas e também bons textos em português. Ele adverte que não se pode confundir “*história da ciência com estórias sobre a ciência*” (idem, p. 17) e que podem ocorrer prejuízos com o uso inadequado da História da Ciência:

A história da ciência pode ser útil no ensino de ciências, mas não é uma panacéia, nem deve ser utilizada por quem desconheça o assunto. Uma história da ciência deturpada, ao invés de ser útil, pode ser extremamente prejudicial no ensino de ciências, transmitindo não apenas informações históricas erradas, mas também uma falsa visão sobre a própria natureza da ciência e da pesquisa (MARTINS, 2000a, p. 16).

Dessa forma, quero destacar a necessidade da realização, no Brasil, de pesquisas educacionais envolvendo História da Ciência. Com a análise relativa a perspectiva histórica presente nos livros textos de Genética utilizados em cursos de licenciatura em Ciências Biológicas e com o estudo epistemológico de relatos históricos referentes ao período da realização dos experimentos de Mendel, espero contribuir com os docentes, interessados em conhecer a origem, o desenvolvimento e o estabelecimento dos conhecimentos da Genética.

Em relação ao tema da preparação de professores, indico que a formação deficiente dos docentes é geralmente apontada como causa de alguns problemas que acometem o ensino de Ciências. A formação inadequada propicia o surgimento de profissionais despreparados e inseguros que se tornam dependentes do livro didático e não fazem críticas à prática pedagógica e ao próprio conhecimento

científico, o que pode conduzir a uma visão dogmática da ciência (LEITE, 1998; DELIZOICOV e ANGOTTI, 1994, CHASSOT, 2000, CUNHA e CICILLINI, 1995; SCHEID, 2001).

Castro e Carvalho (1992) defendem o argumento de que a História da Ciência é de fundamental importância para a formação do professor, apesar de quase sempre estar ausente. Para essas autoras, o estudo da História da Ciência auxilia os professores a compreender os obstáculos no desenvolvimento da Ciência, a evolução das idéias, a complexidade de certos conceitos, além de permitir a compreensão da estrutura do conhecimento, da relação entre Ciência e poder, da Ciência como força produtiva e não como uma atividade neutra. Desse modo, uma melhor compreensão da atividade científica pode contribuir para uma postura mais crítica ao possibilitar a desmistificação da Ciência, o que proporcionaria ao próprio professor condições para realizar mudanças metodológicas e conceituais. A História da Ciência permite ao aluno (ou futuro professor) questionar o objeto de estudo em sua gênese e os caminhos da evolução das idéias, o que propicia o reconhecimento dos conceitos como objetos de construção e não como conhecimentos revelados ou meramente passíveis de transmissão. Castro e Carvalho reconhecem que o diálogo entre a construção do conhecimento pelo aluno e a construção do conhecimento pela Ciência pode auxiliar a levantar questões durante o ensino, mas alerta para o fato de que não há um 'paralelismo' entre as duas situações. Pode ser feito um diálogo, mas não um paralelo.

Para melhorar a formação dos professores, alguns autores, como Cunha e Cicillini (1995), sugerem que nos cursos de licenciatura estejam presentes

disciplinas que possibilitem a discussão sobre a natureza do trabalho científico e que os conteúdos científicos possam ser situados numa dimensão histórica, como disciplinas de Filosofia e História da Ciência. Outros estudiosos aconselham que no decorrer das diversas disciplinas do curso de licenciatura seja contemplada a historicidade do conhecimento a ser trabalhado, como defende Slongo (1996).

Incluir a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência nos currículos (tanto de disciplinas científicas do ensino básico como em curso de formação de professores de Ciências), no entanto, não soluciona todos os problemas da educação científica. Contribui, entretanto, para que o ensino seja mais efetivo, à medida que propicia o desenvolvimento do pensamento crítico, ao estimular que os estudantes reflitam sobre a natureza do conhecimento científico; possibilita maior compreensão do conteúdo; e auxilia o melhor entendimento da estruturas da Ciência. Alguns cuidados são necessários ao empregar História da Ciência na educação, como evitar fazer uma caricatura do desenvolvimento histórico do conhecimento científico. Nesse sentido, ganha importância a colaboração entre historiadores e professores de Ciências (MATTHEWS, 1995).

Para Matthews (1995), a concepção da natureza da Ciência afeta a postura do professor em sala de aula e influencia a imagem de Ciência dos estudantes. Contribui para a conservação de uma visão inadequada, a existência de muitos documentos, currículos, teóricos e livros-texto que continuam a divulgar (implícita ou explicitamente) uma concepção de ciência ligada ao empirismo-indutivista. Esse autor alerta para o fato de que muitos escritos construtivistas “*continuam a manter uma concepção fundamentalmente empiricista do conhecimento*” (MATTHEWS,

1995). Para romper com essa situação, os cursos de formação de professores deveriam instruir os futuros docentes em Ciência, fazendo com que eles possam compreender melhor a prática e o discurso científico. A História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência são elementos que contribuem nesse sentido, propiciando reflexões e discussões sobre a origem e o desenvolvimento do conhecimento científico, mas, esses cursos devem estar conectados à prática em sala de aula:

Os cursos em HFS devem começar explorando os problemas que os professores consideram pertinentes ao desenvolvimento de sua práxis profissional (MATTHEWS, 1995)

Nos cursos de formação de professores (licenciaturas), as disciplinas das áreas “específicas” geralmente preocupam-se em formar cientistas e buscam levar aos estudantes os conceitos aceitos e vigentes atualmente, dispensando discussões que envolvam o desenvolvimento desse conhecimento dentro da comunidade científica. Como comentado anteriormente, isso pode refletir na postura do futuro professor em sala de aula. Robilota (1988), ao tratar dos problemas do ensino de Física, aponta que dificuldades para transmissão e apropriação dos conhecimentos da área da Física podem ser decorrentes do desconhecimento tanto das características intrínsecas do conhecimento físico como dos processos pelos quais ele é gerado. Ensinar sem fazer referência ao processo de produção de conhecimento é uma postura ingênua, pois , *“tanto os livros-texto como as nossas aulas estão impregnadas de concepções tácitas acerca do processo de produção do conhecimento físico”* (ROBILOTA, 1988, p.12). Expressões como ‘a experiência mostra que certa lei é válida’ apresentam o conhecimento como algo baseado em

experimentos, vindo da observação direta da natureza, totalmente objetivo, neutro, perpetuando a idéia de que a Ciência descreve o mundo natural como ele realmente é. Isto leva a uma concepção de Ciência ligada à tradição indutivista: “Os indutivistas acreditam que as leis físicas são objetivas porque se apóiam sobre fatos experimentais observados cuidadosamente e sem preconceitos” (ROBILOTA, 1988, p.13).

Ao comentar o ensino de Física, Robilota (1988) afirma que o estudo da História da Física e de sua epistemologia traz a possibilidade de se compreender o processo de construção do conhecimento. Posso transpor isso para o campo do conhecimento biológico e seus ramos, como a Genética, e estender a importância da dimensão histórica para a formação dos professores de Biologia. Admitindo que entendo a importância da História da Ciência no ensino de todas as disciplinas científicas, destaco a afirmação de Robilota, na qual ele aborda sua relevância:

A história ensina a “relativizar”, demole mitos, exhibe a construção do conhecimento, insere os indivíduos num processo, numa tradição. Além disso, ela pode trazer de volta o fazer ciência para a esfera das atividades humanas. No ensino, entretanto, é preciso tomar cuidado com a história linearizada, ufanista. De nada adianta apresentar a ciência como produto a ser venerado, admirado à distância, de modo a fazer com que os estudantes adquiram um sentimento de inferioridade. Quando se promove deste modo o triunfo da ciência, a nossa humanidade sai perdendo (ROBILOTA, 1988, p.18).

Será, porém, que os professores de Biologia estão preparados para evitar uma postura em sala de aula que evite divulgar uma noção de história linear, contínua e de Ciência como um conhecimento superior e verdadeiro?

Minha opção para responder esta pergunta foi investigar um dos recursos didáticos importantes na formação dos futuros professores de Biologia, os livros, especificamente de Genética, área que é meu foco de interesse neste trabalho, e buscar perceber as concepções de Ciência e História que são veiculadas por eles. Desse modo, no próximo item abordo a presença da História da Ciência nos livros didáticos do ensino básico, o que contribui para fornecer subsídios para a análise que apresentarei.

3.3 A Presença da História da Ciência nos Livros Didáticos de Ciências e Biologia

No item anterior, expus que a História da Ciência pode ser um aporte para o ensino de Ciências, ao ser considerada como conteúdo em si mesmo; como um recurso para auxiliar na escolha de conteúdos (conceitos estruturantes); como estímulo para o ensino; como mediador do entendimento dos conteúdos; bem como um expediente que contribui para a construção de uma imagem da Ciência mais próxima a dos epistemólogos modernos.

Utilizar, no entanto, a abordagem histórica pode ser problemático para os professores de Ciências, pois, nos cursos de formação de docentes, a História da Ciência está ausente ou pouco presente. A pesquisa que Borges (1991) realizou em cursos de formação de professores de Ciências de dez instituições de ensino superior do Rio Grande do Sul indicou que apenas quatro delas apresentavam disciplinas específicas sobre Filosofia e História da Ciência, sendo que em uma delas as disciplinas eram oferecidas em caráter opcional. Nas demais instituições, a

abordagem de algumas questões ligadas a esses temas era feita casualmente em diferentes disciplinas, preferencialmente naquelas relacionadas à metodologia científica, da pesquisa e do ensino. O enfoque das questões epistemológicas e históricas, todavia, ocorria de forma superficial, complementar. Geralmente, nessas disciplinas eram enfatizados “o método científico e suas etapas”, ou seja, era disseminada a idéia de existência de um método único e padronizado para a Ciência. Segundo a autora, os livros indicados na bibliografia dessas disciplinas abordavam a metodologia de forma tradicional, ligada a uma concepção empirista-indutivista, o que contribuiria para reforçar essa visão de Ciência nos alunos destes cursos, futuros professores de Ciências.

Para buscar preencher a lacuna, professores que se interessam pela abordagem histórica buscam o livro didático como um recurso que possa minimamente auxiliá-los nessa empreitada. Cicillini (1998) aponta que a maioria (53,16%) dos professores entrevistados em sua pesquisa declarou que o livro didático é um dos recursos empregados para sua atualização científica. O livro também é utilizado para orientar o estudo em sala de aula, desenvolver leitura orientada com os alunos, preparar as aulas e elaborar programas de ensino dos professores. De forma similar, o trabalho de Leite (1998), em pesquisa que focalizava o currículo de Ciências nas primeiras séries do ensino fundamental, apontou que os professores utilizavam o livro didático como referência para sua prática pedagógica, sendo ele o elemento fundamental para orientar o planejamento das aulas, a seleção e a seqüência dos conteúdos, a determinação dos objetivos, a escolha de atividades e preparação das avaliações.

Peduzzi (2001) aponta que o valor didático da História da Ciência não tem sido reconhecido pelos autores dos livros didáticos, já que estes dão grande ênfase ao produto do conhecimento científico (conceitos, teorias, modelos), desprezando o processo de produção deste conhecimento. Referindo-se principalmente aos livros da área da Física, esse autor indica que os manuais utilizados nesta disciplina buscam familiarizar rapidamente o estudante com a estrutura do paradigma vigente, priorizando fatos e acontecimentos que trouxeram contribuições, e desta maneira, não permitem que os alunos percebam o “quebra-cabeça da ciência normal”. Peduzzi acredita que a História da Ciência pode contribuir para o ensino de Ciências, mas também, como outros autores já mencionados, não se trata de qualquer história:

Seguramente, não é aquela que concebe o desenvolvimento da ciência como ‘uma marcha quase mecânica do intelecto’, como uma ‘cronologia de resultados positivos’, conforme a estruturava a historiografia até o começo do século XX. Contudo, é exatamente uma história com tal perfil que, ainda hoje, encontra-se bastante disseminada em materiais instrucionais (PEDUZZI, 2001).

Gagliardi e Giordan (1986) concordam com a idéia de que a perspectiva histórica é importante na educação científica, mas apontam problemas nos textos e livros utilizados no ensino, como uma história contada em linha reta, em que são apresentadas descrições de sábios (os gênios) que após esforços realizaram “descobertas” fundamentais para a humanidade. Esse modo de apresentar a História certamente traz graves inconvenientes, como divulgar a noção de que as “descobertas” são resultado de atividades de uma pessoa e que a Ciência progride a partir da acumulação de experiências. Isso oferece ao estudante uma imagem pouco

consistente de Ciência: basta realizar algumas experiências para “descobrir” a realidade escondida, o que reforça, na maior parte dos alunos, o realismo ingênuo.

Atentos a essa problemática, alguns pesquisadores investigaram como a História da Ciência é abordada nos livros didáticos. Nadir Delizoicov (2002) ressalta a forte relação entre a prática docente, os livros didáticos e o processo de formação. Em relação aos livros utilizados nos cursos de graduação e às aulas de seus professores, a autora conclui que a História e a Filosofia da Ciência não são contempladas no processo de formação dos docentes. Considerando que os professores obtiveram poucas informações históricas durante sua formação, e em virtude da grande carga de trabalho que não lhes permite realizar muitas pesquisas e estudos, eles acabam por utilizar como suporte para suas aulas o recurso mais próximo, o próprio livro didático.

A partir da análise realizada sobre o conteúdo ligado ao movimento do sangue no corpo humano em livros didáticos do ensino fundamental, médio e superior, Nadir Delizoicov (2002) concluiu que, de modo geral, os livros apresentam o corpo humano de maneira fragmentada, não contemplando uma visão integrada dos diversos sistemas que se relacionam para formar um todo e que prevalece a preocupação com os conteúdos, os quais são apresentados sem nenhuma contextualização histórica. Ao abordar aspectos ligados à História, os livros tendem a se limitar a apresentar biografias resumidas de personagens ilustres, encarados como gênios, contribuindo para uma visão linear e cumulativa da Ciência, em que cientistas trabalham individualmente em busca do crescente desenvolvimento da

Ciência. A autora aponta ser comum o fato de os livros do ensino básico utilizarem como fonte de referência os manuais do ensino superior.

Esse aspecto já havia sido abordado por Fracalanza (1982), que apontou a aproximação muito estreita entre os conteúdos dos livros do terceiro e do segundo graus. Em sua dissertação de mestrado, Fracalanza (1982) realizou uma pesquisa nos livros didáticos de Biologia do ensino médio ¹³ com o objetivo de averiguar as concepções de Biologia veiculadas pelos autores. No decorrer desse trabalho, o autor investigou como a História da Ciência se fazia presente nos livros. O autor afirmou que nos livros por ele analisados, a perspectiva histórica era caracterizada pela apresentação de personagens da história e de eventos considerados significativos, em uma seqüência cronológica, sem interrupções e tomando um grande intervalo de tempo. As tensões históricas e as oposições entre sistemas de representações foram suprimidas. A Ciência foi encarada como um empreendimento em busca da verdade no qual os conhecimentos são gradativamente assentados de maneira cumulativa, mediante procedimentos padronizados organizados em uma seqüência, conhecida por “método científico”, e sem ter vínculos com um contexto externo à Ciência.

Ao buscar indicações sobre a utilização e a qualidade dos livros didáticos de ciências de 5^a a 8^a série empregados em escolas estaduais de Porto Alegre, Wortmann e colaboradores (1987) ressaltam que as obras investigadas apresentaram pouca diferença entre conteúdos abordados e presentes nos textos de ensino médio e superior, sendo que em ambos os casos são enfatizados detalhes e

¹³ Na ocasião da pesquisa, este grau de ensino ainda recebia a denominação de segundo grau.

definições de fenômenos e processos, ressaltando-se a nomenclatura e as particularidades dos processos e eliminando explicações. Com isso ficava evidente a preocupação com memorização dos conteúdos. Nos livros analisados, não foi feita a relação entre conhecimento científico e tecnologia, e, quando apareceram temas que abordavam essa questão, eles se restringiam à informação, sem realizar uma discussão mais ampla. Ao analisar as concepções de natureza e de Ciência disseminadas pelos livros, os autores apontam a presença de uma postura que favorece a visão positivista e antropocêntrica da Ciência. Os autores concluem esse trabalho ressaltando a falta de conhecimento e criatividade dos livros de Ciência e sugerem a realização de mais trabalhos que possam resultar em textos que sejam fontes de apoio para os professores que buscam novos enfoques para seu trabalho docente e novas abordagens para os conceitos.

Cicillini (1992) partilha da idéia de que a abordagem histórica é um recurso que pode ser utilizado na educação científica e que auxilia no entendimento do processo de elaboração do conhecimento científico (particularmente a autora se refere à Biologia). A autora defende o argumento de que

Uma proposta educacional que se preocupe com a inserção do jovem na sociedade da qual faz parte não pode prescindir das discussões propiciadas pela presença da História da Ciência no ensino. A abordagem histórica da aprendizagem do conhecimento sistematizado possibilita a evidência das controvérsias e dos conflitos a que esse conhecimento foi submetido quando da sua produção. Considerar a discussão estabelecida entre as diferentes ciências e seus paradigmas ao longo da história significa possibilitar uma visão de ciência em processo, em constante modificação (CICILLINI, 1992, p. 9).

Baseada nessas idéias, ela realizou uma pesquisa na qual investigou como os livros didáticos de Biologia do ensino médio tratam a História da Ciência e as possíveis conseqüências para o aprendizado. Uma de suas primeiras constatações foi o fato de os livros de Biologia fazerem referências aos aspectos históricos em apenas alguns tópicos do conteúdo, como os relacionados à Teoria da Evolução, Origem da Vida, Geração Espontânea e Classificação Biológica, sendo que nos demais tópicos de conteúdos a História da Ciência não é considerada. Nesse trabalho, Cicillini (1992) conclui que nos livros didáticos por ela analisados os conflitos e contradições entre concepções científicas são suprimidos e não são apresentadas as concepções que poderiam gerar polêmica. A perspectiva histórica se faz presente apenas na exposição de certos conteúdos e de uma maneira parcial e equivocada, caracterizada deste modo pela autora:

A História da Ciência, quando aparece, é linear, representando os fatos numa ordem cronológica, fatos estes que vêm confirmar a teoria hoje universalmente aceita; ou, quando surge algum fato que se opõe ao conteúdo em caso, é no sentido de comprovar sua falsidade, ou o seu erro, para reafirmar a concepção considerada pelo autor como a aceita na atualidade (CICILLINI, 1992, p. 15).

Na exposição dos conteúdos em que há referência aos aspectos históricos, os livros investigados apresentam o nome de um cientista ligado a cada concepção científica, contribuindo para disseminar a idéia de que esse trabalhou isoladamente e que a sua foi a ‘melhor’ e a ‘verdadeira’ solução para determinado problema. Pelo exposto pela autora (CICILLINI, 1992), é possível entender que estava presente uma visão de neutralidade do trabalho científico, já que não são feitas referências às influências externas e a validação do trabalho é feita exclusivamente mediante a

verificação empírica. O contexto da época, as disputas entre cientistas e as divergências entre idéias são omitidos e muitas informações históricas são simplificadas ou mesmo deturpadas. É divulgada uma idéia do progresso crescente da Ciência. Nesses livros, os assuntos mais atuais são evitados, seja para evitar polêmicas seja em virtude da desatualização dos conteúdos.

Compartilhando a idéia de que a História da Ciência pode ser um recurso auxiliar no ensino de Ciências, Lílian Martins (1998) também investigou livros didáticos de Biologia do ensino médio e analisou particularmente os conteúdos referentes à geração espontânea, teoria da evolução de Lamarck e teoria cromossômica da hereditariedade. A autora considerou que nesses livros estavam sendo veiculadas algumas concepções históricas errôneas. Também uma falsa imagem da Ciência estava sendo propagada através de algumas idéias presentes nesses livros, como: o conhecimento científico atual é correto e foi “provado” definitivamente por alguém no passado; é possível claramente definir quem é o cientista responsável por uma grande “descoberta” e o momento em que foi realizada; existem heróis na história da Ciência, que alcançam a verdade, e vilões, que cometem erros e confusões; e os gênios, grandes cientistas do passado, não cometiam erros e já defendiam as idéias como são conhecidas atualmente.

Segundo Lílian Martins (1998), essas falsas concepções que propiciam uma visão deturpada da Ciência estão presentes nos livros didáticos, porque, geralmente, os seus autores

(...) utilizam uma descrição superficial e falha da História da Ciência para passar uma visão preconcebida e simplista da dinâmica científica. É preciso fazer um estudo

profundo, baseado em material original, para poder compreender o que realmente se passa no processo de construção da ciência (MARTINS, 1998, p.20).

A autora conclui sugerindo que haja colaboração entre historiador da Ciência e professor ao se buscar utilizar a História da Ciência no ensino.

A presença da perspectiva histórica na educação científica é também defendida por Guerra e colaboradores (2000), por acreditarem que a História da Ciência propicia ao estudante o entendimento da Ciência como uma construção humana ligada a um contexto e, dessa maneira, contribui para alargar sua visão sobre saber científico e o ver como uma manifestação cultural. Os autores, no entanto, depararam-se com a questão “A História da Ciência ajuda no aprendizado de Ciências?” Na busca para respondê-la, julgaram necessário questionar a hegemonia do atual currículo de Ciências. Entre várias opções que poderiam ter escolhido para auxiliá-los a alcançar seu objetivo, eles optaram pelo estudo da origem histórica dos manuais de ensino, os quais seriam elementos importantes para fornecer informações sobre a aprendizagem. Entendo que os autores acreditaram que, por ser um recurso amplamente utilizado nas aulas e reconhecidamente um orientador das atividades e dos conteúdos que o professor administra nas aulas, investigar como surgiram os livros e como alcançaram a forma atual contribuiria para entender como é construído e estabelecido o currículo vivenciado em sala de aula.

Guerra e colaboradores (2000) informam que no início do século XIX, os cursos realizados na *École Polytechnique*, em Paris, utilizavam manuais, os quais seriam herdeiros dos “tratados” científicos escritos no século XVIII. Assim como acontecia nos tratados, nos manuais, as raízes metafísicas das Ciências eram

suprimidas, o que estava de acordo com o movimento de negação da metafísica dentro da Ciência. Os cursos politécnicos visavam à formação de engenheiros e, assim, tinham uma base de ensino tecnológico, em que era ressaltado o aspecto da aplicabilidade dos conteúdos. Questões históricas e filosóficas eram rejeitadas, em favor do caráter instrumental. A retirada da metafísica e a exclusão de sua história casavam-se com a concepção de neutralidade científica, que imperava naquele momento histórico. Os livros didáticos atuais seriam herdeiros da tradição dos manuais.

No contexto brasileiro, pouco se sabe sobre os livros-textos das disciplinas científicas utilizados no século XIX (período em que foi instituído o ensino público secundário no País). Em uma pesquisa sobre os livros didáticos utilizados no Colégio Pedro II, Lorenz (1986) identificou 24 livros indicados no período de 1838 a 1900. Dentre esses livros, muitos eram franceses, sendo que apenas no período próximo ao final do século foram indicados alguns livros escritos por autores brasileiros. Os livros franceses apresentavam em seus títulos os termos “tratado”, “manual” e “curso elementar” e se caracterizavam por apresentar quadros sinópticos, tabelas com os conceitos básicos e noções elementares e por dar pouco espaço para a experimentação, ressaltando o aspecto teórico. Nos poucos livros didáticos brasileiros indicados pelo Colégio Pedro II era possível identificar a presença de elementos referentes à flora, à fauna e aos minerais típicos do Brasil. O currículo do Colégio Pedro II, notadamente, seguia uma orientação francesa e tinha como intenção divulgar as idéias científicas em voga no exterior, e os autores dos livros indicados eram cientistas que faziam parte da elite intelectual da época (LORENZ, 1986).

Como o Colégio Pedro II servia de modelo para as demais escolas secundárias do país, Lorenz (1986) acredita que as informações obtidas sobre os livros indicados por esta escola possam servir para caracterizar os livros didáticos utilizados no ensino secundário do Brasil no século XIX.

Até a década de 40 do século XX, os livros didáticos utilizados nas escolas secundárias brasileiras eram traduções e adaptações dos manuais europeus (principalmente franceses) que mantinham as características citadas anteriormente (ênfase na apresentação de grande quantidade de conteúdos, escassez de atividades a serem realizadas pelos alunos, exemplos e assuntos ligados ao contexto europeu) (BARRA e LORENZ, 1986).

Na década de 1950, principalmente com a criação do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), começaram a ser desenvolvidos materiais didáticos para o ensino de Ciências no Brasil. Tendo a UNESCO como referência, um dos objetivos do IBECC era levar o método experimental até as salas de aula. Para realizar este intento, foram produzidos, distribuídos e vendidos *kits* (caixas com materiais para experimentos). Os *kits* de Química para o ensino de 2^o grau foram os primeiros a ser produzidos; posteriormente, com a implementação do projeto “Iniciação Científica”, *kits* para temas de Física, Química e Biologia foram produzidos tanto para o ensino primário quanto para o secundário . Apesar de buscar incentivar a produção de materiais didáticos, entre eles livros-texto, o destaque deste período foi a produção dos *kits* (BARRA e LORENZ, 1986).

A década de 1960 foi caracterizada pelo surgimento dos grandes projetos curriculares de origem inglesa e norte-americana, que buscavam melhorar o ensino de Ciências mediante a valorização da metodologia científica:

A característica comum a todos esses materiais curriculares desenvolvidos nos dois países foi a ênfase dada à vivência do processo de investigação científica pelo aluno. Os alunos participavam em atividades que lhes possibilitavam, assim, ‘praticar’ ou ‘fazer’ ciências pelo chamado ‘método científico’. Argumentou-se que, ao fazer ciência e envolver-se no processo científico, o aluno teria mais condições de desenvolver sua capacidade de raciocinar e sua habilidade de identificar e solucionar problemas não só em sala de aula como também na vida diária (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1973).

O IBECC recebeu um subsídio da Fundação Ford para a distribuição e venda de *kits* e treinamento dos professores de Ciência. Os materiais desenvolvidos em outros países foram introduzidos no Brasil. A intenção era divulgar a idéia de *“ciência como um processo de investigação e não só como um corpo de conhecimentos devidamente organizado”* (BARRA e LORENZ, 1986, p. 1973). O IBECC pretendia traduzir e adaptar os projetos americanos, porém os editores brasileiros não se interessaram em publicar estes materiais. Assim, professores secundários e universitários foram convidados para realizarem a tradução e adaptação dos materiais curriculares americanos e ingleses. Esses materiais foram publicados com grande tiragem. Posteriormente, esse material foi organizado em dois livros-texto. Com apoio da UNESCO, o IBECC também coordenou um projeto que resultou na produção de vários livros-texto. Em 1967, foi criado o FUNBEC, que tinha por finalidade industrializar e comercializar o material desenvolvido pelo IBECC. Os livros produzidos nesta fase

(...) permitiam que os alunos vivenciassem, na íntegra, a metodologia científica, o que faz da realização dos experimentos uma atividade muito mais enriquecedora e criativa, superando aquelas previstas na maioria dos livros-textos, que se limitavam a uma confirmação dos fatos expostos em suas páginas (BARRA e LORENZ, 1986, p.1976).

Não foram alcançados, no entanto, os resultados esperados: fazer com que o ensino de Ciências fosse mais experimental, despertasse o espírito crítico e desenvolvesse o raciocínio dos alunos.

Ainda neste período, foram produzidos pelo IBECC/FUNBEC livros de várias áreas (entre elas a Genética) que foram destinados ao ensino superior.

Na década de 1970, foi instituído o Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências, que desenvolveu material didático mais apropriado ao contexto nacional. O destaque, porém, era dado ainda ao ensino experimental. No final dessa década, houve uma diminuição das atividades do IBECC e do FUNBEC. Na década seguinte a atenção foi concentrada nas atividades que visavam à formação do professor de Ciências.

No século XX, o destaque foi apresentar o método científico e levar os alunos a vivenciarem o processo da investigação científica, mediante a realização de experimentos. Esse movimento contribuiu para a construção de uma visão de Ciência principalmente ligada aos procedimentos de experimentação. O livro didático contribuía para a efetivação dessa imagem de Ciência, pois:

Na área de ciências, o livro didático, através de seleção e organização de conteúdo, também reflete o conceito de ciências, quer seja como um corpo de conhecimento quer como um processo de investigação (LORENZ, 1986b).

Pelo exposto até o momento, é possível perceber que os livros brasileiros tradicionalmente se aproximam da concepção de manual e carregam a visão de Ciência como uma seqüência de passos padronizados (o método científico).

Quanto aos manuais, FLECK (1986) argumenta que eles são o meio de divulgação do conhecimento científico para os especialistas gerais. Os manuais, para ele, representam um *“sumário crítico em um sistema ordenado”* (FLECK, 1986,p. 165); ou seja, para elaborar manuais, seria necessário selecionar, mesclar e ajustar em um sistema o conhecimento originado pelos especialistas particulares e que é divulgado através das revistas¹⁴. Os conhecimentos veiculados pelos manuais seriam selecionados a partir de um plano, que indicaria quais os conceitos básicos, métodos e direções a serem seguidas. A Ciência de manual teria um caráter coletivo e de validade geral, que contribuiria para surgimento de um perceber orientado e da coerção de pensamento, que orientariam o estilo de pensamento.

Retomando o trabalho de Guerra e colaboradores (2000), esses autores, ao questionarem se a História da Ciência auxilia o ensino de Ciências, argumentam que, ao rejeitar a visão instrumental da ciência e de seu ensino, a questão perde o sentido, pois, para eles:

¹⁴ FLECK (1986) alega que o conhecimento é divulgado através de revistas para os especialistas particulares, por manuais para os especialistas gerais, pelos livros-textos para os iniciantes e pelos livros de divulgação para os não-especialistas.

(...) a História da Ciência não ajuda nem atrapalha. Ela é a própria essência do ensino de ciências. Vale ressaltar que ao banir a metafísica, a proposta de educação científica dos franceses também baniram (sic) toda e qualquer reflexão filosófica intrínseca ao ensino de ciências. Daí não se trata de criticar a ausência da História das Ciências, mas de criticar a ausência de uma perspectiva histórico-filosófica intrínseca ao fazer científico (GUERRA et al, 2000, p.209).

Os autores concluem ressaltando o papel fundamental da História e da Filosofia da Ciência como conteúdo a ser ministrado e argumentam que novas questões são postas atualmente e o projeto de formação de cidadão de dois séculos passados não se enquadra no processo de formação do cidadão do terceiro milênio.

Mediante os trabalhos expostos até o momento, é possível notar que algumas características problemáticas em relação aos livros didáticos estão constantemente presentes, como a similaridade entre livros de coleções diferentes; a influência dos livros utilizados no ensino superior como referência para os livros didáticos dos níveis de ensino fundamental e médio; a forma fragmentada como os conteúdos são apresentados, enfatizando o aspecto da memorização dos conceitos, e a falta de contextualização histórica. Quando os aspectos históricos aparecem nos livros, estes estão presentes sob a forma de breves biografias de alguma personagem histórica considerada importante (gênios da humanidade) e (ou) a descrição de algum experimento crucial (“descoberta”), disseminando uma visão linear da História.

Fracalanza (1992) analisou as informações sobre livros didáticos da área de Ciências e concluiu que existem similaridades entre os livros. Muitos problemas podem ser generalizados: excesso de informações memorísticas; valorização da experimentação como palavra final para a aceitação de hipóteses; apresentação dos conteúdos de forma desatualizada e descontextualizada; generalização automática

de conhecimentos específicos; desconexão entre Ciência e realidade imediata; ênfase nos benefícios proporcionados pelo desenvolvimento da Ciência e da tecnologia. O autor sugere que, para melhoria dos livros e da sua utilização, são indicadas duas ações: divulgação dos conhecimentos acumulados e a realização de novas pesquisas

Ao buscar investigar a relação entre o professor e o livro didático de Ciências, Nadir Delizoicov (1995) apontou algumas fragilidades comuns presentes nesse recurso didático, dentre as quais destaco duas, que têm relação com o tema do meu trabalho: os livros didáticos divulgam uma visão de Ciência ligada a uma concepção de conhecimento pronto e a-histórico e não realizam uma abordagem histórica das questões que apresentam. Abordando a questão da grande semelhança entre os livros didáticos, Nadir Delizoicov afirmou que, durante uma conferência realizada em Florianópolis, uma autora desses livros alegou que as editoras exigiam que houvesse uma padronização, pois, do contrário, os livros corriam o risco de não serem editados:

Certamente a exigência de padronização está relacionada a comercialização dos livros uma vez que, se não corresponderem aos programas sugeridos pelas secretarias de educação, que são aceitos pela maioria dos professores, correm sérios riscos de não serem incluídos na listagem da FAE (DELIZOICOV N., 1995, p. 41).

Nadir Delizoicov (1995) aponta que um caminho possível para romper com a ditadura do livro didático está na melhoria dos cursos de formação de professores (tanto inicial quanto continuada), que formariam profissionais docentes com maior

competência e autonomia intelectual. Assim, os professores estariam preparados para “colocar o livro em seu devido lugar” (DELIZOICOV, 1995, p. 115) e utilizá-lo de forma crítica. Para tanto, a autora sugere que os trabalhos de investigação sobre livros didáticos cheguem até professores e que haja uma aproximação entre universidade e docentes através da formação continuada para um trabalho conjunto de análise de livros.

Através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), o Ministério da Educação visa levar até as escolas públicas de ensino fundamental livros didáticos de qualidade. Após uma avaliação pedagógica realizada por uma equipe de especialistas, as resenhas dos livros aprovados são publicadas no Guia do Livro Didático que é enviado às escolas. Os professores então selecionam os livros que irão utilizar dentre aqueles pertencentes ao Guia. Nádia Roque (2002), que tem participado da equipe de especialistas, afirma que a publicação dos resultados do PNLD de 1998, que revelou inúmeros problemas presentes nos livros didáticos brasileiros e excluiu vários deles, causou grande impacto, inclusive na área editorial, e incentivou a chegada de novos volumes apresentando outros autores e propostas pedagógicas. A autora indica que ocorreram inovações nas coleções de Ciências e que houve uma melhora na qualidade dos livros na avaliação do PNLD/2002, embora ainda haja problemas, principalmente em temas da área de Ciências ligados à Astronomia, à Zoologia e à Botânica.

Com o PNLD, as editoras estão mais atentas e buscam a melhoria da qualidade do livro didático ao mesmo tempo em que desejam estar em sintonia com os programas das secretarias da educação. É possível imaginar que os autores de

livros didáticos de Ciências comecem a abrir espaço para referências históricas, já que os PCN do ensino fundamental sugerem sua utilização:

A história das Ciências também é fonte importante de conhecimentos na área. A história das idéias científicas e a história das relações do ser humano com seu corpo, com ambientes e com os recursos naturais devem ter lugar no ensino para que se possa construir com os alunos uma concepção interativa de Ciência e Tecnologia não-neutras, contextualizada nas relações entre sociedades humanas e a natureza. A dimensão histórica pode ser introduzida nas séries iniciais na forma de história dos ambientes e invenções. Também é possível o professor versar sobre a história das idéias científicas, conteúdo que passa a ser abordado com mais profundidade nas séries finais do ensino fundamental (BRASIL, PCN - Ciências Naturais, 2000, p.32).

Da mesma forma, a presença de alguns pontos que mostram o reconhecimento da importância da perspectiva histórica para o ensino de Ciências nos PCN do ensino médio (como apresentado em capítulo anterior) pode incentivar os autores de livros didáticos desse nível de ensino a abordarem questões históricas referentes às disciplinas da área de Ciências da natureza¹⁵. Essas prováveis e plausíveis mudanças nos livros didáticos poderão auxiliar os professores a trabalhar com abordagem histórica no ensino de Ciências, no entanto, eles necessitam também de um aporte advindo de sua formação, tanto inicial como continuada. Os autores dos livros didáticos, ao fazerem referências à História da Ciência, devem ser cuidadosos e estar atentos aos problemas citados aqui, como a linearidade, a análise do passado com os olhos do presente, a eliminação das tensões e disputas, a descontextualização e a divulgação de uma concepção de ciência empirista-

¹⁵ Os PCN referem-se à Biologia, à Física e à Química como Ciências da Natureza.

indutivista. Contribui também para a presença da História da Ciência na educação científica, a produção de trabalhos que busquem dar suporte para professores, fazendo uma ponte entre o trabalho histórico e o ensino de Ciências.

Para os professores, encontrar bibliografia para subsidiar trabalhos com perspectiva histórica, principalmente textos em português, é uma dificuldade adicional (SLONGO, 1996; DELIZOICOV, 2002; MARTINS, 2000). Diante desse problema, Slongo (1996) afirma que professores buscam imitar o que vivenciaram nos cursos de formação, o que é reforçado por Nadir Delizoicov (2002) quando aponta que os professores de Ciências buscam auxílio nos manuais e livros em que estudaram durante sua graduação para preparar suas aulas, atividades e provas, que geralmente apresentam problemas ao fazerem uma abordagem histórica da Ciência.

Apresento no próximo capítulo a investigação que realizei sobre a presença da perspectiva histórica e da concepção de Ciência em quatro livros de Genética utilizados na formação de professores de Biologia.

CAPÍTULO 4

OS LIVROS DE GENÉTICA UTILIZADOS NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE BIOLOGIA

A maioria das pesquisas realizadas no Brasil sobre livros didáticos refere-se àqueles utilizados nos ensinos fundamental e médio, sendo poucas as pesquisas realizadas em livros didáticos do ensino superior (FRACALANZA, 1992). Os trabalhos citados no item anterior fazem referência aos livros de Física e Biologia (ensino médio) e Ciências (ensino fundamental). Considerando que os livros de ensino superior servem de fonte para preparação das aulas e referência para a produção de livros do ensino médio e fundamental, que a História da Ciência é imprescindível para a formação dos professores e que livros são fundamentais na preparação destes profissionais, investigar de que maneira os livros utilizados nos cursos de Ciências Biológicas (licenciatura) abordam a História da Ciência da hereditariedade contribui com o objetivo deste meu trabalho, que busca colaborar para a melhoria do ensino de Genética a partir da valorização da perspectiva histórica.

Sendo um dos focos de interesse da pesquisa investigar as concepções de natureza da Ciência e dimensão histórica presentes nos livros de Genética do ensino superior (utilizados para a formação de professores de biologia), foi necessário estabelecer alguns critérios para orientar a análise desses livros. Utilizei como

referência as características apontadas pelos autores citados na breve revisão bibliográfica apresentada anteriormente.

Procurei ver se os livros se aproximavam das características apontadas como problemáticas para um enfoque histórico e para as concepções de ciência mais adequadas. Levei em consideração o fato de que mesmo quando a visão de Ciência e a História da Ciência estão ausentes dos textos, tacitamente está presente a percepção dos autores sobre como se origina e desenvolve o conhecimento científico. Não utilizei as categorias de Fleck na análise dos livros, pois não pretendia limitar-me apenas à verificação da adequação dos livros às categorias fleckianas. Desta forma, investiguei se os seguintes aspectos estavam presentes nos livros :

- 1) idéia de continuidade e de acumulação de conhecimento; historia linear, como uma cronologia de resultados positivos;
- 2) história centrada em heróis; “descobertas” apresentadas como resultado de atividade de uma pessoa e que resultam da acumulação de dados das experiências;
- 3) anedotas e descobertas sem contextualização e sem realizar a ligação entre Ciência e Sociedade; e
- 4) visão da ciência ligada ao empirismo indutivista.

Busquei elementos que pudessem me auxiliar a perceber qual a visão de Ciência divulgada pelos livros, se estes consideravam a dimensão histórica e como abordavam o desenvolvimento científico, pois as idéias e as posturas disseminadas nos livros podem ser prejudiciais para a formação de professores. Como argumenta

COUTINHO (1998)¹⁶, nos livros-textos do ensino superior está presente o roteiro dos esquemas de percepção que formarão o perfil do futuro profissional. Assim, as características que selecionei e utilizei para orientar a minha investigação converteram-se em minhas categorias de análise.

Para realizar esta investigação, verifiquei junto aos professores responsáveis pelas disciplinas obrigatórias¹⁷ da área de Genética do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina quais os livros mais utilizados em suas aulas e que servem de fonte de consulta para seus alunos. Os livros indicados estão presentes também entre as referências bibliográficas de cursos de Ciências Biológicas de outras universidades brasileiras¹⁸.

O procedimento que adotei para a análise dos livros foi investigar alguns pontos particulares dos livros selecionados a partir das categorias que estabeleci, como o prefácio (prólogo ou apresentação) e capítulos específicos. Como o foco de interesse é a dimensão histórica e a visão de Ciência, selecionei para este estudo alguns capítulos dos livros para serem analisados: capítulos introdutórios nos quais geralmente a Genética é apresentada, definida e caracterizada; e aqueles capítulos, que comumente abordam aspectos históricos do desenvolvimento dos conhecimentos da Genética. Na maioria das vezes, os capítulos que se referem à Genética clássica, ou seja que envolvem temas ligados às leis de Mendel e teoria cromossômica da herança, são os que apresentam alguma referência histórica. Como mencionado por Cicillini (1992), em relação aos livros de Biologia do ensino

¹⁶ Coutinho (1998) investigou 6 livros-textos do ensino superior de Genética, buscando as generalizações simbólicas presentes neles.

¹⁷ Estas disciplinas são: Genética I – Genética Molecular e de Microorganismos; Genética II – Genética Básica e Genética de Populações; Citogenética.

¹⁸ Entre as consultadas estão UFGRS, UFPR, UnB, FFCLRP da USP.

médio, os aspectos históricos aparecem apenas quando alguns conteúdos determinados são tratados.

Apresento a seguir os quatro livros selecionados para a análise:

A)- *Introdução à Genética* (GRIFFITHS et alii, 1998)

Esse é um livro utilizado nas disciplinas Genética I (Genética Molecular e de Microorganismos) e Genética II (Genética Básica e Genética de Populações). Neste livro, cinco capítulos referem-se aos conteúdos ligados aos temas que selecionei para a análise. O prefácio, o qual apresenta as características principais que os autores pretendem destacar e explicar em relação ao livro, também foi analisado.

Os capítulos que analisei deste livro foram:

- i) Cap. 1- A Genética e o organismo
- ii) Cap. 2- Análise Mendeliana
- iii) Cap. 3- Teoria Cromossômica
- iv) Cap.4- Extensões da Análise Mendeliana
- v) Cap.5- Ligação I: Mapeamento Cromossômico Eucariótico Básico.

B) - *Fundamentos da Biologia Celular* (ALBERTS et alii, 1999)

Esse é um livro sobre Biologia Celular, utilizado na disciplina de Citogenética do Curso de Ciências Biológicas da UFSC, que apresenta vários capítulos

relacionados às estruturas celulares e ao metabolismo celular. Os capítulos 6 a 10 são aqueles dedicados aos temas relacionados à genética. De acordo com os critérios que estabeleci, minha análise ocorreu no prefácio e nestes capítulos, especialmente nos capítulos 6 e 8.

- i) Cap. 6- DNA
- ii) Cap.8- Cromossomos e regulação gênica.

No prefácio desse livro, os autores reconhecem que as descobertas recentes da Biologia são importantes para o futuro, a saúde e a prosperidade, e que os cidadãos terão que tomar decisões quanto à aplicação deste conhecimento e, para isso, precisarão ter conhecimentos básicos de Biologia Celular. Para alcançar este objetivo, acreditam que a melhor forma é “explicar diretamente o trabalho de uma célula viva” (p. xi), de uma forma compacta para pessoas que buscam especializar-se em Ciências Biológicas ou Medicina. Assim, para fazer um texto sucinto, os autores deixam claro que optaram pela redução do vocabulário técnico, apresentação de idéias sem citar nomes de cientistas envolvidos e omissão das histórias que “estão por trás das conclusões de cada fato científico” (p. xii). Em minha opinião, este é o livro que mais se aproxima da concepção de manual apontada no trabalho de Guerra e colaboradores (2000).

C) - *Citogenética* (LACADENA, J-R, 1996)

Esse livro é utilizado na disciplina Citogenética do Curso de Ciências Biológicas da UFSC. Nele, o autor aborda os aspectos históricos em seções

dedicadas a esse propósito, como no primeiro capítulo, no qual aborda os aspectos históricos e conceituais da Citogenética, e no oitavo, no qual trata da teoria cromossômica da herança e apresenta em um tópico, os antecedentes históricos e como se deu o desenvolvimento deste sistema de idéias. Além do prólogo, estes foram os capítulos focalizados na minha análise:

- i) Cap.1- Introducción: Aspectos históricos y conceptuales de la citogenética
- ii) Cap. 8- La Teoria Cromosomica de la Herencia

D) - *Dinâmica dos Genes nas Famílias e nas Populações* (BEIGUELMAN, 1994)

Utilizado na disciplina Genética II – Genética Básica e Genética de Populações do Curso de Ciências Biológicas da UFSC, este livro apresenta apenas dois capítulos com temas ligados aos que me propus analisar. Assim, realizei a análise nos seguintes capítulos:

- i) Cap. 1- A Classificação dos Caracteres
- ii) Cap. 2- A Interpretação Genética da Variabilidade Humana

Apresento a análise dos livros feita a partir das categorias identificadas neste estudo.

4.1 Idéia de continuidade e de acumulação de conhecimento; historia linear, como uma cronologia de resultados positivos, ufanista

Livro (A): Introdução à Genética

São citados trabalhos, experimentos considerados importantes para o estabelecimento de um sistema de idéias. No caso da teoria cromossômica, foram apresentados os estudos de Sutton e Boveri, que após reconhecerem o comportamento paralelo dos genes e cromossomos, concluíram, em estudos independentes, que os genes estão situados nos cromossomos. Vários trabalhos de pesquisadores que serviram de aporte para esta teoria, como os de Carothers, Bateson, Morgan, Stevens, Bridges, são apresentados. A noção de continuidade aparece quando os autores expõem apenas os trabalhos que contribuíram favoravelmente para o estabelecimento dessa teoria. Por exemplo, não comenta que Morgan inicialmente resistiu à idéia de que os genes estavam localizados nos cromossomos (MARTINS, 1998).

Apesar desta ser uma característica presente por várias vezes no livro A, em algumas situações os autores apresentam as objeções e contestações, que foram feitas a algumas idéias hoje consideradas importantes para a Genética. Apresentam um motivo para o não-reconhecimento do trabalho de Mendel por seus contemporâneos (p. 41), comentam as objeções feitas à teoria de Sutton-Boveri (p. 58-60) e também contestações feitas a ela (p. 58). Expõem algumas idéias que não tiveram sucesso no desenvolvimento da genética (p.56). Embora simplificando as contestações e reduzindo-as apenas aos aspectos ligados diretamente à

observação e experimentação (Mendel não foi reconhecido porque não forneceu evidências de uma unidade física real correspondente das partículas hereditárias; em relação à teoria cromossômica, a dificuldade decorria da não-detecção dos cromossomos na interfase), já há um avanço ao se mostrar que houve confrontos; que há discussões e desacordos no processo de estabelecimento do conhecimento científico. Não obstante ressalte a “força” das leis e teorias, a adesão dos cientistas a um sistema de idéias, que resistem às complicações (anomalias), como se vê:

O mundo real de genes e cromossomos é mais complexo do que as leis de Mendel sugerem, e as exceções e extensões são numerosas. Estas situações não invalidam as leis de Mendel. Ao contrário, elas mostram que mais elementos explicativos devem ser adicionados à base de segregação igual e distribuição independente de alelos de modo a se ajustar a estas situações de análise genética (p. 86).

Além da noção de continuidade histórica, de acumulação linear de conhecimento, aparece em certos momentos no texto do livro A certo teor de dogmatismo, de que o conhecimento científico estabelecido atualmente é inquestionável, e faz parte de um processo finalizado:

A teoria cromossômica da herança é **indubitável**. Ela constitui um dos marcos da teoria biológica moderna (p. 76, grifo meu).

Talvez a história de maior sucesso biológico de todas seja a elucidação de como exatamente os genes fazem seu trabalho; em outras palavras, como a informação se torna forma. É uma história maravilhosa que se desenvolveu com surpreendente rapidez no transcurso da carreira de cientistas que hoje têm cinquenta e poucos anos, cientistas que nunca poderiam imaginar que nos anos 90 os geneticistas estariam seqüenciando genomas inteiros (p. 9).

Os autores tentam, modestamente, dar a dimensão do estabelecimento da hipótese de herança cromossômica na época em que foi proposta:

Para os estudantes de biologia de hoje, a teoria cromossômica pode não parecer estarecedora. Entretanto, no início do século vinte, a hipótese de Sutton e Boveri (que potencialmente uniu a citologia e o campo ainda jovem da genética) foi uma bomba. Logicamente, a primeira resposta à publicação da hipótese foi tentar contestá-la. Quatro anos após, havia uma intensa controvérsia quanto à validade do que ficou conhecido como teoria cromossômica da hereditariedade de Sutton-Boveri (p. 58).

Isso mostra a resistência inicial da comunidade científica frente às idéias novas, que parecem desestruturar as teorias e os modelos estabelecidos, mas como se processam as mudanças do conhecimento científico? A mudança de postura, da contestação para a aceitação da hipótese Sutton-Boveri, na versão apresentada pelos autores deste livro, restringe-se ao fato de que, no princípio, não havia uma prova real para comprová-la, e que, quando esta prova foi fornecida, por “observações posteriores”, a comunidade científica a aceitou. Reduz a aceitação de teorias à comprovação experimental.

Livro (B): *Fundamentos da Biologia Celular*

A decisão de tratar apenas dos conceitos atuais aproxima este livro daqueles comentados por Peduzzi (2001), que buscam rapidamente familiarizar os estudantes com as teorias vigentes do momento (o sistema de idéias considerado correto). Ao privilegiar a apresentação dos fatos e acontecimentos que contribuíram para o

estabelecimento deste sistema de idéias sem mostrar as discussões, disputas e desacordos, os alunos não percebem o “quebra-cabeça” que é a Ciência.

Os autores omitem os nomes dos pesquisadores, mas ao longo do texto várias vezes, referem-se ao coletivo como se entre eles houvesse consenso sobre o conceito apresentado. Como nestes exemplos:

No início do século XX, biólogos reconheceram que os genes estão nos *cromossomos* ...p.186).

Os biólogos, na década de 1940, tinham dificuldade em aceitar ... (p. 187).

...os biólogos originalmente suspeitavam que os genes podiam ser seletivamente perdidos... (p. 149).

Deste modo, as tensões e contradições presentes no desenvolvimento dos conceitos e idéias presentes na história da hereditariedade são suprimidas. De maneira implícita, tem-se a idéia de um progresso linear e contínuo do conhecimento científico. Em poucos momentos, os autores citam algumas crenças que precisaram ser derrubadas para o estabelecimento da idéia atualmente aceita, mas fica a sensação de que toda a comunidade de pesquisadores acreditava em um conhecimento e, depois, através de evidências experimentais, aceitava integralmente as novas idéias:

Como o DNA foi entendido como sendo uma molécula relativamente simples quimicamente, no início assumiu-se que os genes eram compostos de proteína, que é quimicamente mais diversa (p. 186).

Os biólogos, na década de 1940, tinham dificuldade em aceitar o DNA como sendo o material genético devido à sua aparente simplicidade química. Pensava-se que o DNA era simplesmente um longo polímero composto de apenas quatro tipos de subunidades, as quais se assemelhavam quimicamente umas às outras (p.187).

Livro (C): *Citogenética*

Em um apêndice deste livro, o autor mostra a cronologia da Citogenética, apresentando como marco inicial o trabalho dos Janssen, pai e filho, que fabricaram o primeiro microscópio composto em 1591-1608; e finaliza com o estudo do mecanismo molecular da fusão cêntrica em *Mus musculus*, de Capanna e colaboradores, em 1995. O autor explica que nesta cronologia faz referência,

(...) às datas pontuais e aos investigadores que fizeram algum descobrimento ou contribuição importante como a grupos de trabalho que ao longo de uma série de anos têm investigado sobre um tema citogenético interessante (p. 881).

Ao se referir apenas aos experimentos que contribuíram para a construção do conhecimento da citogenética, este livro poderia ser considerado como portador de uma postura que considera uma história linear, com acumulação de conhecimentos.

No decorrer do texto, porém, os pesquisadores e seus trabalhos são apresentados buscando-se mostrar que a história de sucesso de um sistema de idéias ou para estabelecimento de uma teoria, não decorre de um trabalho isolado. No caso da Teoria Cromossômica da Herança, o autor apresenta trabalhos contemporâneos e posteriores à proposta de hipótese Sutton-Boveri, considerados importantes por terem contribuído para o estabelecimento e reconhecimento dessa

teoria pela comunidade científica. Foram citadas as pesquisas de Weismann, Sutton, Boveri, Morgan, Bridges, Sturtevant, Carothers e algumas mais atuais, como as de Creighton e McClintock, Stern, Michie, Wallace, Chandley, Naranjo e Lacadena, Fominaya e Jouve.

Não obstante privilegie a apresentação dos trabalhos que auxiliaram a compor o sistema de idéias adotado pela comunidade científica atual, o autor comenta também algumas idéias hoje consideradas erradas e a sua importância no desenvolvimento de um sistema de idéias:

Assim, como exemplo, poderia recordar-se que citologistas da importância de Strasburger negavam a existência da divisão reducional (p. 29).

De fato, algumas das teorias de Darlington não eram corretas, mas serviram de estímulo ao tratar de comprová-las para encontrar a resposta verdadeira, impulsionando assim o desenvolvimento da Citogenética” (p. 30).

O autor tenta mostrar que algumas idéias que hoje são aceitas sofreram rejeição e contestações, e não foram acolhidas prontamente pela comunidade científica:

Ainda que a posteriori parece – e assim somente aceitar-se – que era imediato o estabelecimento do nexos de união entre os conhecimentos citológicos e as leis mendelianas, sem dúvida, a história não foi tão simples (p. 225).

Como dizem estes autores, é errôneo crer que já em 1900 estava tudo em seu lugar e que os resultados mendelianos clarificaram imediatamente os descobrimentos citológicos prévios (p. 226.)

Apesar de privilegiar as histórias de sucesso, o autor também faz referência às opiniões tidas atualmente como erradas. Ao fazer isso, ele apresenta uma História das Ciências que não é tão linear, na qual existem desacordos e contradições, que igualmente desempenharam um papel importante na produção do conhecimento científico.

O autor assinala que um texto geral de Citogenética, além dos conteúdos, deveria abordar os aspectos históricos e conceituais. Ele busca referência em um estudo crítico - histórico (realizado por Baxter e Farley, em 1979) para auxiliar nas suas análises. Fica, no entanto, restrito à história interna da Citogenética, sem relacioná-la ao contexto mais amplo.

Analisando historicamente o desenvolvimento da Citogenética, o autor distingue a existência de dois períodos, o clássico e o molecular, caracterizando cada um deles e apontando os trabalhos e pesquisadores principais. Do período clássico, ele destaca os trabalhos de Wilson, Swanson, White, Stebbins e Darlington, apresentado por ele como o pai da Citogenética (p. 30). Do período da Citogenética Molecular, que se iniciou em 1957, ele fez referências a cerca de 15 trabalhos importantes. Os pesquisadores e seus trabalhos foram apenas citados, sem comentários sobre eles.

Livro(D): *Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações*

Neste livro, o autor preocupa-se principalmente em apresentar os conceitos e métodos empregados na Genética de populações. No decorrer do texto, ele oferece ao leitor apenas as idéias que tiveram sucesso, ou seja, que contribuíram para o

estabelecimento do sistema de idéias atualmente aceito como válido. A dimensão histórica, bem como as tensões, disputas, contradições e contestações envolvidas no desenvolvimento do conhecimento científico, não aparecem. Desse modo, ao citar apenas os resultados positivos e não comentar os debates em torno das proposições da Ciência, implicitamente, este livro proporciona a noção de que o conhecimento científico se desenvolve apenas por acumulação, sem crises e que seu desenvolvimento é linear, e portanto sua história também é linear.

Ao longo do livro, o autor vai apresentando os conceitos e proposições da Genética. Em muitos momentos, ele aborda uma hipótese e apresenta como esta pode ser comprovada, mostrando resultados de um experimento e sua conclusão (como, por exemplo, ocorre nas 24 a 30; em anexo).

Outro exemplo característico de como são apresentados os conceitos e teorias está no trecho que se refere à primeira Lei de Mendel:

Sabendo-se que os gametas contêm um número haplóide de cromossomos, pois incluem apenas um dos dois de cada par cromossômico, está claro que, de acordo com a hipótese em apreço, cada gameta somente poderá ser portador de um dos alelos, a menos, é claro, que haja, excepcionalmente, falta de disjunção cromossômica durante a meiose. Com a união dos gametas haverá a restauração do número diplóide de cromossomos e a recomposição dos pares de alelos no zigoto. Esta é, aliás, a famosa primeira lei de Mendel, também conhecida como lei da segregação ou lei da disjunção ou, ainda, lei da pureza dos gametas, segundo a qual os caracteres hereditários são determinados por pares de genes, que segregam durante a formação dos gametas, voltando a se unir nos zigotos (p. 26).

Após mencionar a “famosa” lei de Mendel, o autor informa em nota de rodapé: “Gregor Johan Mendel (1822 – 1884), o pai da Genética” (p.26). Não há referências às contestações feitas às proposições mendelianas e fica a noção de que elas foram prontamente aceitas na época de sua divulgação e que serviram de base para o estudo da hereditariedade.

Uma preocupação aparente do autor é a de mostrar a origem dos termos, (etimologia) empregados no livro. Assim, muitas vezes ele oferece o significado, talvez pensando em auxiliar o entendimento do conceito:

“Alelo, do grego *allelon* = cada outro” (p. 26).

“Patognomônico, do grego, *pathos* = doença e *gnómon* = que distingue, que discrimina” (p. 23).

“Do grego, *splen* = baço” (p. 36).

4.2 - História centrada em heróis; “descobertas” apresentadas como resultado de atividade de uma pessoa e que resultam da acumulação de experiências

Livro (A): Introdução à Genética

Ao longo do texto desse livro, várias personalidades que participaram da História da Genética são citadas. O grande destaque é o nome de Mendel, o mais citado. A este cientista é dado o título de “descobridor da ciência da genética” (p. 22). Há um pequeno relato da vida de Mendel e os seus famosos experimentos com

ervilha são descritos. A única referência ao contexto científico da época, porém, é à predominância da idéia da herança por mistura. Fica a impressão de que Mendel desenvolveu seu “programa de pesquisa” (p. 22), como é dito no livro, sozinho, sem colaboração ou outras referências externas. Os autores colocam Mendel como um herói genial e seu trabalho como um marco para a genética :

O trabalho de Mendel constitui o protótipo da análise genética. Ele instituiu um enfoque experimental e lógico para a hereditariedade que ainda é usado hoje em dia (p. 22).

Mendel fez então algo que, mais que qualquer outra coisa, marcou o nascimento da genética moderna: ele *contou* o número de plantas com cada fenótipo. Este procedimento raramente, se o foi, tinha sido usado nos estudos sobre hereditariedade (p. 24).

Façamos uma pausa para que o significado deste trabalho se assente. O que Mendel fez foi desenvolver um esquema analítico para a identificação dos genes que regulam qualquer característica ou função biológica (p. 26).

Mendel foi o primeiro cirurgião genético. Usando a análise genética, ele foi capaz de identificar e fazer distinção entre os vários componentes do processo hereditário de um modo tão convincente como se tivesse microdissecado estes componentes (p. 40)

O trabalho de Mendel resistiu ao teste do tempo e nos forneceu a estrutura básica para todo o estudo da genética moderna (p. 41).

A partir destes trechos do livro, podemos ver que os autores “olham” para o passado com “olhos” de hoje. Eles referem-se ao passado utilizando conceitos que

são válidos atualmente, mas não na época de Mendel, que não identificou genes (conceito desenvolvido somente no século seguinte) e também não foi um cirurgião genético, pois não tinha conhecimento de qual era a base material do gene. Como argumenta Bizzo (1992), elementos importantes para a compreensão das teorias antigas sobre reprodução e hereditariedade já não têm a mesma importância para o entendimento das teorias atuais. Elementos, termos e expressões similares utilizados no passado e no presente podem ter significados diferentes, já que se encontram inseridos em contextos diferentes.

Em relação aos cientistas citados, nos cinco capítulos analisados desse livro cerca de duas dezenas de personalidades foram citadas. Algumas delas apenas têm seu estudo citado como um exemplo do conceito que estava sendo apresentado:

“Um geneticista indiano, K. Dronamraju, estudou a característica em sua própria família” (p.70)

“Curt Stern observou que um determinado alelo...” (p. 70)

“Alfred Blakeslee fez um estudo dos cromossomos de estramônio (*Datura stramonium*), que tem 12 pares de cromossomos ...Blakeslee mostrou que cada linhagem era fenotipicamente distinta das outras” (p. 60).

O trabalho de Blakeslee é apresentado pelos autores para comprovar sua contribuição para confirmação da teoria de Sutton-Boveri, mas que apesar disso, ainda era necessária uma prova real para confirmar essa teoria.

Isso sugere que os trabalhos individuais realizados vão sendo somados ao longo do tempo e resultam no conhecimento científico produzido em uma área de saber. Momentos de acumulação de conhecimento acontecem, porém há períodos em que há descontinuidades e rupturas no processo de desenvolvimento da Ciência.

Livro (B) *Fundamentos da Biologia Celular*

Neste livro, os autores fizeram a opção por omitir nomes de cientistas e fatos históricos, privilegiando, assim, somente os aspectos conceituais do conhecimento.

Livro (C) *Citogenética*

Nos dois capítulos analisados, cerca de quarenta pesquisadores e seus feitos foram citados. Apesar de alguns destes terem sido apenas mencionados como trabalhos que colaboraram para o estabelecimento de uma idéia, o autor busca realizar um relato histórico breve, não somente anunciando datas, mas buscando concatenar os fatos e, principalmente, fazendo alguns comentários baseados na análise crítica de um estudo feito por Baxter e Farley, cuja leitura ele recomenda. Os pesquisadores e seus trabalhos são apresentados buscando-se mostrar que a história de sucesso de um sistema de idéia ou de uma teoria não se deve a um trabalho isolado. Como no caso da Teoria Cromossômica da Herança, são importantes para seu reconhecimento pela comunidade científica trabalhos realizados em períodos diferentes e por pesquisadores diversos como Weismann, Sutton, Boveri, Morgan, Bridges e Sturtevant (p.29).

Livro (D): *Dinâmica dos genes e da população*

Nos dois capítulos analisados, a menção a nomes de pesquisadores era feita quando ocorria a citação de alguma técnica ou trabalho ao qual o autor queria dar algum destaque:

“Os grupos do sistema sanguíneo Xg ficaram conhecidos quando Mann et al. (26) descobriram o anticorpo anti-Xg^a...” (p. 43, nota de rodapé).

“Para ilustrar as considerações feitas no presente tópico, consideremos os dados de Raposo do Amaral ...” (p.60).

“Evans, Manley e McKusick fizeram isso numa amostra de 53 famílias norte-americanas e obtiveram dados expressos na Tabela 15.2” (p. 61).

A figura que recebe maior destaque é a de um médico brasileiro:

Antes de se conhecer a existência da hemoglobina S, o médico brasileiro Jessé Accioly apresentou, em 1947, de modo completo, a hipótese monogênica a respeito do mecanismo de transmissão hereditária da anemia falciforme. Lamentavelmente, o trabalho de Accioly, publicado nos Arquivos da Universidade da Bahia, não teve divulgação adequada. Por isso, não apenas os meios científicos internacionais, mas também os nacionais, ignoraram a sua obra, atribuindo apenas ao grande geneticista norte-americano Neel (30,31) as glórias que deveriam ser divididas entre ambos (p. 36, nota de rodapé).

Ao mesmo tempo, o autor faz referência a um fator externo (divulgação) que interfere nos rumos do conhecimento científico.

No decorrer do texto, o autor desse livro apresenta várias técnicas utilizadas nos estudos genéticos e aproxima-se da concepção de conhecimento obtido por acumulação de experiências realizadas por indivíduos isolados.

4.3 Presença de anedotas e descobertas sem contextualização, ausência de ligação entre ciência e sociedade

Livro (A): *Introdução a Genética*

Nos capítulos analisados deste livro, apenas uma vez encontrei uma situação anedótica, relacionada à determinação de mapas cromossômicos por Sturtevant:

Morgan pediu a Sturtevant, ainda não graduado naquela época, que interpretasse os dados do crossing-over entre diferentes genes ligados. Em uma noite, Sturtevant desenvolveu um método para descrever as relações entre genes, o qual ainda é usado hoje em dia. Nas palavras do próprio Sturtevant: ‘na última parte de 1911, conversando com Morgan, eu repentinamente percebi que as variações na força de ligação, já atribuída por Morgan a diferenças de separação espacial dos genes, ofereciam a possibilidade de se determinar as seqüências na dimensão linear de um cromossomo. Fui para casa e passei a maior parte da noite (com prejuízo de minha tarefa de estudante de graduação) produzindo o primeiro mapa cromossômico (p. 119-120).

Se, neste ponto, os autores abrem espaço para a inspiração, para a intuição no processo científico (o que acontece), também abrem caminho, ao dar destaque a este episódio, para que se pense que a Ciência é feita principalmente de lances de inspiração de um cientista. Isso muitas vezes acontece, igualmente quando se fala que Newton “descobriu” a lei da gravitação universal quando uma maçã caiu em sua

cabeça, o que contribui para a manutenção de uma idéia equivocada da atividade científica.

A “descoberta” de Sturtevant, sua inspiração, pode ser encarada como uma nova maneira de interpretar o seu objeto de análise.

Não se vê ao longo do texto uma contextualização nem uma discussão mais ampla que faça a ligação entre a Ciência e a Sociedade. Essa relação com a sociedade aparece somente no capítulo 1, quando é exaltada a importância da Genética, como nestes trechos que apresento como exemplares:

“A sociedade moderna depende da genética” (p. 3).

A genética parece ter um lugar especial nos interesses humanos. Ela não é relevante apenas no sentido em que outras disciplinas científicas o são, mas tem muito a nos dizer sobre a natureza de nossa humanidade, e neste sentido ocupa um lugar especial entre as ciências biológicas (p. 2-3).

E logo depois, ainda descrevendo a relevância desta área científica, destaca o grande investimento feito nesta área:

A genética humana obviamente tem uma posição importante nos assuntos humanos. Uma amostra disto é a quantidade de dinheiro que a sociedade está gastando em pesquisas de genética. A sociedade raramente destina bilhões de dólares a projetos isolados, mas 3 bilhões foram destinados a seqüenciar o genoma humano completo (p. 6).

Em quatro páginas, os autores apresentam os benefícios da Genética em vários setores, como Agricultura, Medicina, Indústria Farmacêutica e Ciência Forense. Depois de todos os prodígios e maravilhas, em um breve trecho de parágrafo, eles fazem o alerta:

“Obviamente, tecnologia genética, como qualquer outro avanço tecnológico, traz em si dilemas éticos” (p. 7).

Algumas questões polêmicas são citadas, tais como o uso de maiores quantidades de fertilizantes e pesticidas nas lavouras modificadas, fertilizantes caros para fazendeiros de países pobres, as preocupações sobre o ser humano “brincando de Deus”, a moralidade e legalidade de se patentear plantas e animais modificados, acesso às informações genéticas dos indivíduos por parte de seguros de saúde e em atividades forenses. Essa discussão, porém, não é aprofundada.

Em relação a estes pontos polêmicos, os autores apontam que a responsabilidade pelo impacto desse conhecimento deve ser dividida entre os cientistas e a Sociedade. Por isso, é necessário, então, que se entenda a genética:

Só compreendendo o componente genético destas questões poderemos, como cidadãos, esperar tomar decisões sábias para o futuro de um mundo mais complexo e mais instável (p. 7).

É claro que é importante o conhecimento técnico-científico, mas outras dimensões devem ser consideradas quando fazemos opções em assuntos ligados a temas científicos. Os aspectos econômicos, políticos, éticos e culturais devem ser

levados em conta ao definirmos nossas escolhas. Mesmo cientistas com certo domínio sobre o conhecimento em um campo de estudo não tomam suas decisões fundamentadas apenas nos aspectos técnicos-científicos.

Livro (B): *Fundamentos da Biologia Celular*

Ao decidir priorizar os conceitos e idéias centrais, omitindo nomes e as histórias ligadas à produção deste conhecimento, os autores também abdicaram de realizar a contextualização e de fazer uma ligação entre Ciência e Sociedade. Algumas vezes, contudo, os autores apresentam questões que provavelmente permeavam as cabeças dos cientistas e poderiam conduzir as pesquisas da época, como exemplo:

Que tipo de molécula poderia ser capaz de tal precisão e quase ilimitada replicação, além de ser, também, capaz de direcionar o desenvolvimento de um organismo e a vida diária de uma célula? (p. 185).

Desse modo, quando eles apresentam as perguntas que estariam no contexto científico daquela época, mesmo que timidamente, se vislumbra a idéia de que o conhecimento é uma resposta a uma pergunta.

Brevemente os autores buscam dar a dimensão de um novo conhecimento e como é difícil pensar o passado abandonando as nossas crenças atuais:

Hoje, o fato de que o DNA é o material genético é tão fundamental ao pensamento biológico que é difícil perceber o enorme vazio intelectual que esta descoberta preencheu (p. 187).

Livro (C): *Citogenética*

Nesse livro, o autor não apresenta histórias curiosas ou anedóticas. Não discute a relação entre Ciência e sociedade nem busca realizar uma contextualização mais ampla, que envolva aspectos sociais e econômicos.

Em um momento, o autor se refere ao contexto dos conhecimentos citológicos existentes na época em que foi proposta a hipótese da herança cromossômica, buscando mostrar o ambiente e quais referências existiam quando foi gerada essa idéia. Os dados citológicos citados neste livro referem-se aos trabalhos de Weismann, Flemming, Hertwig, Strasburger e Van Beneden. Em conjunto com estes conhecimentos citológicos, para compor o cenário científico da época, o autor faz referência à “redescoberta” do trabalho de Mendel, por de Vries, Correns e Tschermak, em 1900.

Livro (D): *Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações*

Neste livro, o autor restringiu-se a apresentar os conceitos, e assim não citou casos anedóticos, nem buscou contextualizar o conhecimento fazendo referências aos aspectos econômicos e sociais, nem comentou a sua dimensão histórica. Também não relacionou a Ciência e Sociedade. Associa-se, desta forma, à concepção de que o conhecimento científico é neutro, independente de influências externas.

4.4 Visão da ciência ligada ao empirismo indutivista

Livro (A): *Introdução a Genética*

No decorrer do livro, fica a impressão de que a atividade científica é o resultado da acumulação de experiências (concepção empirista indutivista). Em vários momentos os autores do livro *A* ressaltam a importância da observação na prática científica:

A explicação de Mendel foi um clássico exemplo de um modelo criativo, ou hipótese, derivado da observação e da boa adequação aos testes por maior experimentação (p. 25).

Como a teoria cromossômica tomou forma? A evidência gradualmente acumulou-se de uma variedade de fontes. Uma das primeiras linhas de evidência veio das **observações** de como os cromossomos se comportam durante a divisão do núcleo de uma célula. As **observações** que levaram à descoberta de dois tipos diferentes de multiplicação celular, chamados de mitose e meiose, foram as seguintes (grifo meu, p. 52).

Em seguida, os autores explicam que pesquisadores buscavam situar o material genético dentro das células e que os núcleos dos gametas seriam bons candidatos; também que já se sabia naquela época que os cromossomos eram importantes estruturas do núcleo celular e seu número era constante em organismos da mesma espécie e que esse número é mantido constante em razão da mitose e da meiose. Os autores declaram que :

“Destas **observações** desenvolveu-se a postulação da teoria cromossômica, na qual os cromossomos são estruturas que contêm os gene” (grifo meu, p. 52).

Dessa forma, os autores ressaltam a importância da observação, deixando a impressão de que, após observar diretamente os cromossomos, os pesquisadores concluíram que os genes eram responsáveis pela hereditariedade e estavam localizados nos cromossomos. Fica a noção de que o problema limitava-se a questão de visualizar as estruturas, ou seja, com a observação direta do objeto, o problema estaria resolvido. Então, como e por que ocorreram os desacordos, dúvidas e discussões que envolveram essa teoria ao ser proposta, se eram observadas as mesmas coisas?

Em outras ocasiões, é sugerido que a Ciência resulta de um método científico único, com etapas que devem ser seguidas. Isto acontece principalmente quando os autores se referem a Mendel, que é tomado como o pai da Genética e modelo de cientista:

Mendel, por exemplo, quase que certamente não tinha uma base conceitual para suas pesquisas ao começar o seu trabalho, mas ele foi capaz de juntar seus fundamentos genéticos por meio de seus muitos experimentos. Isto é verdadeiro para as pesquisas em geral: começamos no desconhecido, e então as idéias e fatos emergem da experimentação (p. 18).

Os estudos de Mendel forneceram um marcante exemplo de boa técnica científica. Ele escolheu um material de pesquisa bem adequado ao estudo do problema em questão, planejou cuidadosamente seus experimentos, coletou grandes quantidades de dados, e usou análise matemática para mostrar que os resultados eram

consistentes com a hipótese explicatória. As previsões das hipóteses foram então testadas em nova rodada de experimento” (p. 22).

A explicação de Mendel foi um exemplo clássico de um modelo criativo, ou hipótese, derivado da observação e boa adequação aos testes por maior experimentação (p. 25).

Seu trabalho é reverenciado pelos geneticistas porque foi o protótipo da análise genética: de fato, ainda é um dos tipos de análise que os geneticistas usam regularmente hoje em dia para identificar os genes. O estilo de análise de Mendel às vezes é chamado de pesquisa “caixa preta”. São feitos cruzamentos, algo ocorre dentro da “caixa preta” de constituição desconhecida, e então emerge uma prole de um determinado tipo. O desafio é descobrir o que há na caixa preta, e é claro que Mendel foi bem-sucedido nisto (p. 29)

Seu trabalho é admirado pelos cientistas em geral devido à sua elegante aplicação do método científico clássico, a seqüência de observações experimentais, hipóteses e testes. Entretanto, como todas as descobertas que levam aos grandes avanços na compreensão humana, é a criatividade da elaboração de hipóteses que distingue o gênio. É aí que surgem as idéias, onde ninguém antes concebeu, e onde uma ampla gama de observações inexplicadas faz sentido (no caso de Mendel, em relação aos mecanismos da hereditariedade). Mendel não sabia como os genes se pareciam ou onde estavam situados (p. 29).

Apesar de neste último fragmento apresentado ainda haver uma referência à criatividade, os autores do livro A parecem compartilhar da idéia de que o conhecimento científico é baseado na observação, na acumulação de dados da experiência. Assim, considero que esse livro contribui para a formação de uma visão de Ciência ligada ao empirismo indutivista.

Ainda quanto à imagem da Ciência, no prefácio desse livro, os autores afirmam que têm como objetivo que os estudantes aprendam como são feitas as inferências genéticas e para isto apresentam os experimentos básicos da Genética, esperando que os alunos analisem os dados e tirem suas próprias conclusões “*como se eles mesmos tivessem feito a pesquisa. Este processo ensina os estudantes a pensar como cientistas*” (p.xi). Este tipo de afirmação traz a idéia de que a partir da análise neutra e objetiva dos dados empíricos, qualquer pessoa, em qualquer situação, pode chegar às mesmas conclusões. Este modo de pensar aproxima-se da postura empirista indutivista.

Ainda no prefácio, os autores declaram que apresentaram a Genética clássica “*em uma seqüência mais ou menos histórica*” (p.xi, grifo meu), pois acreditam que há uma correspondência entre o pensamento dos biólogos do início do século XX e o dos estudantes. Como já comentado, para a seleção de conteúdos e escolha de questões pode-se realizar um diálogo entre as idéias passadas de cientistas e alunos. Algumas semelhanças talvez sejam encontradas, mas não se pode acreditar que haja um paralelismo entre idéias científicas passadas e a dos estudantes. Os autores apontam que “*a progressão do geral para o específico é uma abordagem natural, ela faz sentido não só na pesquisa, como também no ensino sobre a pesquisa*” (p.xi).

Livro (B): *Fundamentos da Biologia Celular*

A postura adotada pelos autores é de apenas apresentar os conceitos estabelecidos na comunidade científica. Em relação à ausência da história da Genética, como anotou Robilota (1988), e já comentado, mesmo não tratando

explicitamente do processo de produção de conhecimento, de maneira tácita a postura dos autores quanto à natureza da Ciência está presente. Nos fragmentos que apresento a seguir, pode-se notar a ênfase dada à experiência, na evidência dos dados:

Os primeiros resultados de difração de raios X indicaram que o DNA era composto de duas fitas enroladas em uma hélice. A observação de que o DNA era uma fita dupla foi de um significado crucial. Ela forneceu um dos maiores indícios que levaram, em 1953, a um modelo correto para a estrutura do DNA (p. 187, grifo meu)

A descoberta da estrutura da dupla hélice do DNA foi um marco na biologia do século XX porque imediatamente sugeriu respostas a essas questões e, portanto, resolveu o problema da hereditariedade em âmbito molecular (p. 190, grifo meu).

Estes experimentos provam que o DNA em tipos celulares especializados ainda contém um conjunto inteiro de instruções necessárias para formar um organismo inteiro (p. 262, grifo meu).

Desse modo, implicitamente, fica a impressão de que o conhecimento é fundamentado em experimentos, na observação neutra do mundo natural. Com essa visão, é possível, com a “descoberta da estrutura do DNA”, resolver imediatamente os problemas da hereditariedade. Isso não aconteceu, pois foram omitidas as discussões, as rejeições que este modelo suscitou, os aspectos não racionais, intuitivos presentes neste modelo e mesmo as tentativas frustradas realizadas anteriormente. Em virtude destas características, esse manual se aproxima de uma postura ligada ao empirismo indutivista.

Livro C: *Citogenética*

Destaco a análise feita pelo autor quanto à falta de uma teoria comum para orientar a observação, ou seja, ele dá a noção de que a observação não é neutra, ela já é orientada, e que as interpretações não são simplesmente deduzidas da análise e observação pura dos dados:

Os citologistas do século XIX eram incapazes de um acordo sobre o que viam através do microscópio porque lhes faltava uma teoria comum – um marco de referência – dentro da qual poderiam interpretar suas observações (p. 29).

Este comentário feito no capítulo 1 é retomado e ampliado no capítulo 8, mostrando que o autor concorda com a idéia de que a interpretação é um processo importante no estabelecimento de uma teoria:

Quer dizer, o comportamento dos cromossomos não poderia ser simplesmente observado, também teria que ser interpretado, e esta interpretação refletia as idéias do próprio citologista sobre a natureza do material e o processo hereditários, o desenvolvimento de plantas e animais e a significação da reprodução sexual (p. 226).

Ao abrir espaço para a interpretação, para a observação não neutra (ou seja, um olhar com preconceito, orientado, ligado ao ver formativo) esse autor se afasta da concepção empirista ingênua e se posiciona mais criticamente.

Quando o autor declara o que deve ser evitado em uma Ciência experimental, seu entendimento sobre o processo de produção de conhecimento é explicitado:

Dentro de um contexto conceitual, pode ser interessante repetir aqui as reflexões que fiz em 1984 em ocasião de comemoração do centenário da morte de Mendel (LACADENA, 1984) em relação com alguns fatos científicos acontecidos no campo da Citogenética que podem servir de exemplo do que não deve ocorrer em uma ciência experimental, a saber: 1) os axiomas, 2) o desrespeito aos dados experimentais clássicos considerando-os obsoletos ante o advento das sofisticadas técnicas modernas, e 3) considerar um acerto científico como imutável (p. 32).

O exemplo que o autor menciona de axioma é o do fenômeno da terminalização dos quiasmas proposto por Darlington, em 1929. Essa idéia foi aceita, segundo o autor, de forma axiomática, sem contestação durante 50 anos, quando experimentos questionaram e provaram a não-existência do fenômeno da terminalização dos quiasmas.

Em relação à consideração aos dados experimentais clássicos, o autor exemplifica com a proposta da hipótese “uma banda - um gene”, realizada nos anos 1930 e descartada por muitos anos. Cerca de 40 anos depois, ela foi retomada e ratificada como “uma banda – uma função genética”.

Quanto à imutabilidade do conhecimento científico, o autor assevera não poder aceitar nenhuma conclusão como definitiva, pois novos fatos podem conduzir a novas interpretações. Ele relaciona esta sua idéia com o princípio da falsificabilidade de Popper.

Diante dessa exposição, parece que o autor se opõe a uma postura dogmática diante da Ciência e acredita que as teorias devem ser sempre avaliadas e testadas mediante observação e experimentos. Esse autor parece se interessar pelas idéias popperianas.

Em um processo constante de verificação, diferentes interpretações podem surgir a partir da utilização de novas técnicas e metodologias. O autor refere-se à contribuição das novas técnicas e metodologias no desenvolvimento do conhecimento:

Como disciplina englobada dentro da Genética, a Citogenética experimentou uma mudança importante ao incorporar as novas técnicas e metodologias moleculares que ... (p. 30).

A aplicação de novas técnicas permite abordar de novo velhos problemas citológicos pendentes ainda por resolver. De fato, a metodologia da Citogenética moderna está permitindo responder a muitas questões unindo os estudos bioquímicos e fisiológicos de biólogos celulares com o desenho experimental genético (p. 31).

Livro D: *Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações*

Uma das preocupações do autor é apresentar técnicas e metodologias utilizadas na pesquisa em Genética de populações. Assim, parece que ele pretende mostrar e ensinar como é feita uma pesquisa científica:

Com o auxílio dessa série de soluções é possível testar a reação gustativa à PTC dos seres humanos segundo a técnica de Hassis e Kalmus..” (p. 11)

O autor segue fazendo a descrição da metodologia utilizada por estes pesquisadores (anexo 2).

Esse trecho do livro refere-se a uma pesquisa realizada no Brasil. Parece ser uma preocupação do autor apresentar resultados de pesquisas nacionais, como foi o caso de uma citação anterior em que ele menciona o trabalho de Accioly. Isso pode

denotar uma tentativa de mostrar trabalhos da nossa realidade, buscando aproximar o leitor (aluno) do contexto nacional de produção de trabalhos científicos.

O autor discute como uma hipótese (no caso, a da transmissão monogênica) pode ser aceita; demonstra o raciocínio, apresenta dados e conclui afirmando que o que foi visto neste tópico pode ser generalizado e resumido (p.27 a 29; anexo 3). Esse mesmo procedimento na apresentação do conteúdo pode ser encontrado em outros trechos do livro, como, por exemplo, quando o autor trata da herança ligada ao sexo (p. 41 a 43; em anexo).

Com essa postura, para o autor, ser cientista, ou geneticista, está ligado principalmente à utilização de métodos e procedimentos específicos.

O autor caracteriza o modo de fazer Genética, aproximando-a das Ciências Exatas, consideradas talvez por ele como modelo para a elaboração de conhecimentos científicos, com meta de exatidão, objetividade :

A plasticidade do significado e do emprego do termo caráter, que envolve sempre diferentes níveis de abstração, decorre da necessidade que o geneticista tem de aplicar a análise estatística à interpretação da realidade. E, para a descrição do mundo real em termos matemáticos, a edificação de uma imagem abstrata do mesmo é uma condição imprescindível. Tal atitude, às vezes empregada até com um certo excesso, é, entretanto, plenamente justificada quando se analisam os seus resultados, pois na Genética, do mesmo modo que nas ciências exatas, encontramos situações em que os conceitos artificiais utilizados na elaboração de hipóteses permitiram a obtenção, por dedução matemática, de leis que, ao serem aplicadas ao mundo real, passaram a representar um certo número de fenômenos naturais com alto grau de exatidão (p.1).

4.5 Considerações sobre os livros de genética analisados

Pela análise dos quatro livros, é possível perceber que é feita referência aos aspectos históricos em dois deles, livro (A) e (C). No livro A, isto é feito no decorrer da exposição dos temas, enquanto que, no livro C, a perspectiva histórica aparece em capítulos específicos para tal propósito. Os outros dois livros (B e D) não contemplam a dimensão histórica, sendo que o livro B já deixa isto explicitado em seu prefácio. O livro D enfatiza o aspecto metodológico. Ao restringir-se aos conteúdos conceituais e metodológicos, estes dois livros parecem compartilhar da crença de que para ocorrer uma boa instrução deve-se transmitir muitos conceitos e informações aos estudantes. Isso os aproxima muito da concepção de manual citada no trabalho de Guerra e colaboradores (2000).

Prevalece nos livros A, B e D a apresentação de fatos e acontecimentos, pesquisas e trabalhos que contribuíram positivamente para a aceitação e posterior estabelecimento de uma teoria. Durante os textos, foram suprimidas as tensões e contradições presentes no decorrer da História da Genética. Essas características podem contribuir para a divulgação da idéia de que sempre há consenso dentro da comunidade científica, de que o progresso do conhecimento científico é linear, contínuo e cumulativo. O livro C também apresenta fatos e trabalhos que contribuíram para o estabelecimento de um sistema de idéias, mas, além disto, faz referências às idéias consideradas erradas e sua importância no desenvolvimento do conhecimento; indica que há rejeições e contestações no caminho da Ciência e que algumas idéias atualmente aceitas não foram prontamente bem recebidas quando

propostas. Esse livro se afasta da noção de história linear e de progresso do conhecimento só por acumulação.

O livro B omite os nomes de cientistas, opção que é explicitada no prefácio, e algumas idéias são apresentadas como aceitas com unanimidade pela comunidade científica (por exemplo, os biólogos). Os livros A e D citam vários trabalhos e nomes de pesquisadores, porém transmitem a idéia que foram trabalhos realizados isoladamente, mas que contribuíram para o estabelecimento de uma teoria. O livro C busca divulgar a noção de que o sucesso no estabelecimento de uma teoria não se deve ao trabalho individual dos cientistas.

Apenas no livro A aparece uma situação anedótica. Nesse livro, é dado grande destaque aos benefícios proporcionados pela Genética e elogios ao rápido desenvolvimento de seu conhecimento. Foi enfatizada a importância da Genética para a sociedade, pouco discutindo os aspectos negativos, não apontando problemas nem dificuldades, o que pode ser caracterizado como uma postura ufanista. Nos livros B, C e D, não são feitos comentários sobre a ligação entre Ciência e Sociedade. Somente o livro C faz breve referência ao contexto científico em que as idéias foram propostas.

Os livros A, B e D, no decorrer da exposição dos conceitos, dão grande destaque à observação neutra e às “descobertas” obtidas através da experimentação, e assim os autores implicitamente mostram sua visão de ciência, que nestes casos parece se aproximar do empirismo indutivista. Esses livros divulgam a idéia da existência de um método científico único, composto por etapas a serem seguidas. A Ciência é vista como uma atividade neutra, que resulta da

acumulação de dados e que visa à exatidão e à objetividade. O livro C é o único entre os analisados a afirmar ser a teoria a orientadora da observação, que não é neutra, que abre espaço para a interpretação. Nesse aspecto, se afasta da postura ligada ao empirismo indutivista, situando-se numa posição mais crítica. O autor parece se interessar pelas idéias popperianas e opõe-se a uma postura dogmática da Ciência.

Enquanto os livros A e B são traduções e o livro C está escrito em espanhol (versão original), o livro D é o único escrito por um autor brasileiro, que se preocupa em fazer referências a trabalhos nacionais, uma atitude admirável, considerando-se que a maioria dos livros brasileiros não menciona as pesquisas nacionais.

Nenhum dos quatro livros analisados fez referências ao contexto social, econômico e político, o que pode propiciar a idéia de que a Ciência é uma atividade isolada das demais atividades humanas.

Entendo que as posturas apresentadas nesses livros contribuem para a divulgação e perpetuação, entre os futuros professores de Biologia, de uma concepção de Ciência ligada ao empirismo indutivista e de uma história linear. Os livros selecionados, em geral, destacam a importância da observação e da experimentação, como etapas do método científico, para a aceitação e refutação de uma teoria. São poucas as referências explícitas à História da Ciência.

Esse tipo de História da Ciência encontrada nos livros, que reforça a linearidade e que se atém aos dados biográficos e à apresentação cronológica de fatos, não é conveniente para a formação adequada dos professores de Ciências. O

tipo de História da Ciência desejável é aquele que apresenta as controvérsias, disputas, tensões existentes e que busca contextualizar a atividade científica em seu momento histórico. No entanto, é uma tarefa complexa abordar em um livro tanto os aspectos conceituais e metodológicos como também os epistemológicos e históricos de uma área de saber.

A análise de livros que apresentei reforça a idéia de que os professores necessitam recorrer a outras fontes, além dos livros didáticos utilizados em sua graduação, para conhecerem mais sobre a natureza do conhecimento científico e a História da Ciência, como já indicaram outros autores (DELIZOICOV, 2002; SLONGO, 1996).

Nessa perspectiva, no capítulo seguinte apresento a análise epistemológica realizada a partir de um episódio da História da Ciência (experimentos realizados por Gregor Mendel com cruzamentos de ervilhas) na qual busquei destacar elementos que possibilitem perceber o processo coletivo da construção do conhecimento científico e que permitam superar a concepção empirista.

CAPÍTULO 5

A PRODUÇÃO COLETIVA DO CONHECIMENTO: O CASO DE MENDEL

Como comentei anteriormente, a Genética é um campo da Ciência que tem tido progresso impressionante, tanto pelo crescimento do número de pesquisadores e investigações realizadas, como pelo aumento de recursos e investimento nesta área. A Genética e as tecnologias afins têm exercido um fascínio sobre o público, o que tem relação com o grande número de reportagens veiculadas pelos meios de comunicação. Termos antes restritos aos laboratórios e aos especialistas são utilizados rotineiramente no cotidiano das pessoas, muitas vezes sem a conotação correta. Perigosamente, a imaginação popular tem conferido ao gene um poder superior: “tudo o que somos está escrito nos nossos genes” (somos o resultado de nossos genes).

Um dos objetivos da educação científica é contribuir para formar e preparar o cidadão, para que ele possa participar de discussões que envolvam os conhecimentos científicos, auxiliando-o a tomar decisões, fazer escolhas, tanto no que se refere ao seu futuro pessoal como ao da sociedade em geral. Assim, torna-se necessário evitar a visão mítica do gene e a crença na Genética (e suas tecnologias) como uma Ciência salvadora do mundo, que acabará com as doenças e com a fome.

Para evitar uma postura dogmática em relação à Ciência, é importante tanto conhecer os conceitos como entender o processo pelo qual estes conceitos são

construídos. Os cursos de formação de professores da área de Ciências Naturais deveriam proporcionar momentos de estudo e de discussão sobre a natureza do conhecimento científico. O estudo da História da Ciência pode contribuir para superar a visão de Ciência ligada ao empirismo indutivista, que se apóia nas idéias de neutralidade, de existência de um método único e de aceitação e refutação de teorias unicamente, baseando-se na constatação experimental. No entanto, é essa visão de Ciência que prevalece ainda entre os professores e, segundo a análise apresentada no capítulo anterior, continua presente em livros de Genética utilizados em cursos de formação de professores de Biologia.

Busco realizar uma análise de relatos históricos destacando elementos que permitam problematizar e ultrapassar a concepção empirista indutivista da Ciência e para isto utilizo o referencial teórico de Ludwik Fleck para analisar a produção científica de Mendel e relacioná-la ao contexto social, histórico e econômico. Neste estudo, destaco categorias como estilo de pensamento, coletivo de pensamento e circulação intercoletiva de idéias. Busco desempenhar o papel de mediadora entre o historiador de Ciência e os professores de Ciências e Biologia.

Apesar das críticas apresentadas no capítulo 3, apresento alguns dados biográficos e fatos em ordem cronológica com o intuito de introduzir minha análise, porém, além disso, realizo também um estudo epistemológico dos relatos históricos.

O episódio da história que escolhi para a análise refere-se ao trabalho de Mendel, pois esse pesquisador é apresentado nos livros didáticos do ensino médio e superior como um cientista que, a partir de observações e experimentos controlados, descobriu sozinho as leis da hereditariedade. Essa maneira de apresentação reforça

idéias ligadas à concepção empirista. Busco com a análise da obra de Mendel, a partir das categorias de Fleck, destacar elementos que possibilitem refutar a concepção empirista que ainda prevalece nos cursos de formação de professores de Biologia.

5.1 Quem Foi Gregor Mendel?

Mendel exerceu vasta gama de atividades, inclusive fora de seu mosteiro, tais como membro da Assembléia Regional da Morávia e vice-diretor e, posteriormente, diretor do Banco de Empréstimos da Morávia e participante de 8 associações científicas e 26 não científicas (FREIRE-MAIA, 1995). Apresentá-lo como um homem ativo, eclético e polivalente contrasta com a visão que geralmente aparece em livros didáticos em que ele é apresentado como um monge que realizou suas experiências com ervilhas em um mosteiro isolado e conseguiu sozinho “descobrir” as leis da hereditariedade.

Johann Mendel nasceu em 22 de julho de 1822, em Heinzendorf, uma pequena cidade na província da Silésia, região do Império Austro-Húngaro. Seus pais, Anton e Rosina, eram agricultores pobres que tinham mais duas filhas: Veronika e Theresia (FREIRE-MAIA, 1995; CAVALCANTI, 1965).

Embora tivesse de auxiliar o pai no trabalho no campo, o interesse de Mendel era os estudos. Apesar da difícil condição financeira, conseguiu apoio da família para ir estudar no Ginásio de Troppau. Em 1840, aos dezoito anos de idade, matriculou-se no Instituto Filosófico de Olmütz, onde estudou filosofia, latim, filosofia

grega, matemática, física, religiões, história e história natural (FREIRE-MAIA, 1995; CAVALCANTI, 1965).

Animado pela perspectiva de continuar seus estudos, em 1843, Mendel ingressou como noviço no Mosteiro de Santo Tomás, em Brünn (hoje, Brno), região da Morávia, onde aliou os estudos teológicos à participação em cursos sobre agricultura, arboricultura e vinicultura. Ao ordenar-se padre, em 1847, adotou o nome de Gregor (FREIRE-MAIA, 1995; BLANC, 1984; CAVALCANTI, 1965).

Em decorrência de um decreto imperial de 1802, o Mosteiro Agostiniano de São Tomas, em Brünn deveria fornecer professores para as escolas secundárias austríacas (SANDLER e SANDLER, 1985; BLANC, 1984). Por intervenção do abade Napp, Mendel conseguiu permissão para lecionar Matemática e Grego em uma escola em Znaim, no Sul da Moravia.

Para continuar o trabalho como docente, era necessário obter o certificado de professor efetivo¹⁹ e, por isso, Mendel submeteu-se a uma banca da Universidade de Viena, sendo aprovado em física, porém reprovado em Geologia e Zoologia. Para Freire-Maia, a causa deste insucesso foi Mendel “*não atender à terminologia técnica e por expressar idéias pessoais não condizentes com a ciência tradicional*” (FREIRE-MAIA, 1995, p.5).

Para dar continuidade aos estudos e com o objetivo de obter a habilitação para ensinar Ciências nas escolas de Brünn, Mendel foi enviado pela sua ordem religiosa à Universidade de Viena, no período de 1851 a 1853 (FREIRE-MAIA, 1995;

¹⁹ Este certificado era a qualificação necessária para trabalhar em escolas estatais (FREIRE-MAIA, 1995; BLANC, 1984).

MAYR, 1998; BLANC, 1984). Durante esse período, ele estudou Zoologia, Botânica, Paleontologia, Física e Matemática. Ao final do curso, voltou ao mosteiro e conseguiu ocupar o cargo de professor substituto de ciências na *Realschule* de Brünn. Em 1856, Mendel mais uma vez tentou o exame para obter o certificado de professor e novamente foi reprovado. Mesmo assim, continuou como professor em Brünn, graças à influência do abade Napp (FREIRE-MAIA, 1995; MAYR, 1998).

Acumulando também a função de jardineiro e hortelão, em 1857, Mendel iniciou seu trabalho de hibridação com ervilhas (*Pisum sativum*). Os resultados destas experiências foram apresentados em duas conferências realizadas pela Sociedade Natural de Brünn, em fevereiro e março de 1865. As palestras foram organizadas na forma de um artigo publicado nos anais desta sociedade, em 1866²⁰, sob o título “*Versuche über Pflanzen-Hybriden*” (Experiências sobre híbridos vegetais). Em 1900, esse artigo foi reconhecido como a base de referência para as “leis da hereditariedade”, as famosas leis de Mendel, por Hugo De Vries, Karl Correns e Erich von Tschermak.

Mendel fez várias viagens à Alemanha, Áustria, Itália. Em 1862, foi a Paris e depois à Londres para ver a Exposição Internacional Industrial (BLANC, 1984). Eleito abade por unanimidade, em 1868, Mendel tentou conciliar as novas atribuições e as responsabilidades de sua função com suas pesquisas. Estimulado por Nägeli, um prestigiado botânico da época, a repetir seus experimentos com chicória (*Hieracium*), Mendel obteve resultados incompatíveis com os que ele havia conseguido em seu trabalho anterior com ervilhas. Isso aconteceu porque a chicória

²⁰ O trabalho foi publicado com a data de 1865.

se reproduz por partenogênese²¹. Esse trabalho foi publicado em 1869. Desestimulado por essa conclusão e sobrecarregado com os encargos administrativos, Mendel abandonou seu trabalho com cruzamentos (FREIRE-MAIA, 1995; MAYR, 1998).

Gregor Mendel era um homem tímido, sistemático, paciente, obcecado, teimoso, mas reconhecido por seu senso de humor. Faleceu em 1884, aos 62 anos, vítima de uma nefrite (mal de Bright), sem imaginar que no século XX, seria considerado o “pai da Genética” (FREIRE-MAIA, 1995, CAVALCANTI, 1965). Seus objetos pessoais (anotações, cartas, documentos) foram queimados após sua morte (HENIG, 2001), restando poucas fontes para estudo (como os artigos publicados, algumas separatas que ele enviou e posteriormente foram localizadas, uma folha com notas manuscritas; cartas enviadas a Nägeli e poucas fotos) (BLANC, 1984).

Hoje, o mosteiro onde Mendel viveu abriga um museu, o Mendelianum, e uma estátua inaugurada, em 1910, na presença de Bateson, um importante defensor das idéias mendelianas, e de Tschermak, um dos “redescobridores”. Em 1984, ano do centenário da morte de Mendel, uma medalha comemorativa foi cunhada (MERTENS, 1985).

Críticas ao trabalho de Mendel e as suas conclusões, assim como reflexões sobre seus objetivos reais e ao que ele “descobriu” são apontadas por vários autores (SAPP, 1990; HARTL e OREL, 1992), mas não se pode negar a importância da

²¹ Partenogênese; desenvolvimento de um novo indivíduo a partir de um óvulo não fertilizado (BURNS, G. Genética – Uma introdução à hereditariedade. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986).

figura do monge agostiniano na História da Ciência. Figura que é assim analisada por Canguilhem:

Nenhuma das categorias habituais convém ao caso de Mendel. Não se trata de um precursor. Precursor é, sem dúvida, aquele que corre à frente de todos os seus contemporâneos, mas é também aquele que pára num percurso em que outros, depois dele, correrão até o final. Ora Mendel correu toda a corrida. Não é um fundador, pois um fundador não seria ignorado por aqueles que erguem um edifício sobre os alicerces que o fundador colocou. Na falta de uma categoria pertinente, será necessário contentarmo-nos com uma imagem, e falar da obra científica de Mendel como de uma criança nascida prematuramente, que se terá deixado morrer por impreparação para a receber? (CANGUILHEM, 1977, p. 98).

Nova interpretação pode ser dada ao trabalho de Mendel e seu papel na Ciência, a partir das categorias de estilo de pensamento e coletivo de pensamento propostas por Fleck. Sua participação em coletivos de pensamentos diversos teria influenciado o seu modo de pensar em relação às questões da hereditariedade, o que também contribuiu para instaurar, posteriormente, um novo estilo de pensamento, compartilhado por um novo coletivo (geneticistas). Desse modo, busco referências sobre os coletivos de pensamento com os quais Mendel estabeleceu contato e também informações sobre o meio cultural, econômico e social de sua época.

5.2 A Herança antes de Mendel

No século XVII, período considerado como início da Ciência moderna, a concepção de herança estava entrelaçada com o tema da reprodução. Naquele período, os problemas giravam em torno da questão da geração do embrião.

William Harvey (1578-1657) defendia a idéia de que os novos indivíduos eram formados a partir da fusão de substâncias sem formas definidas procedentes dos dois genitores, aproximando-se, assim, das teorias epigenistas dos antigos gregos, que entendiam que os pais participavam em conjunto na formação do novo ser (OREL, 1996).

No século XVII, a visualização do espermatozóide, possibilitada pelo desenvolvimento do microscópio, e a identificação de 'ovos' no interior dos ovários incentivou o desenvolvimento das teorias preformistas. Aqueles que defendiam a existência do embrião pré-formado (o animálculo) no espermatozóide pertenciam à corrente teórica dos spermistas; os que afirmavam que o óvulo era o portador do embrião pré-formado eram os ovistas (SLONGO, 1996, OREL, 1996).

Réaumur (1683-1757) e Maupertius (1698-1759) compartilhavam a idéia de que o processo de fecundação tinha ligação com a transmissão de características de pais para filhos, uma concepção original naquele período. Para Réaumur era necessário que a parte sólida do sêmen tivesse contato direto com a semente feminina (óvulo) para ocorrer a fecundação (SLONGO, 1996, MAYR, 1998).

A epigênese ganhou força com os estudos de embrião de galinha feitos por Wolf (1734-1794), que pretendendo refutar as idéias preformistas, afirmava que os órgãos eram formados durante a gestação (OREL, 1996).

No século XVIII, os botânicos aceitavam a idéia de sexualidade das plantas e entendiam que os resultados dos cruzamentos estavam conectados com o processo de geração e fertilização. Eles estavam conscientes de que, a partir de cruzamentos experimentais poderiam aparecer organismos com características diferentes das dos ancestrais, mas não entendiam o motivo desse fenômeno (OREL, 1996.)

Joseph Gottlieb Kölreuter (1733-1806), importante botânico da época, foi o pioneiro na utilização de hibridização como método de investigação. Apesar de se envolver com questões sobre a geração, seu foco de interesse era a natureza das espécies, ou seja, ele era um essencialista. Contrário às teorias preformistas, acreditava que havia uma contribuição igualitária do material germinal dos genitores, que se misturavam em formas intermediárias na prole (epigênese). Seus trabalhos contribuíram para a aceitação da sexualidade das plantas e da fertilização (MAYR, 1998, OREL, 1996).

Seguindo o caminho de Kölreuter, Carl Friedrich von Gärtner (1772-1850) também era essencialista e rejeitava a idéia de que o processo de hibridação natural originaria novas espécies de plantas. Apesar de ter realizado mais de dez mil procedimentos com fertilização artificial em 700 espécies de plantas, limitou-se a descrever seus resultados. Assinalou que o aparecimento de combinações de características pode criar novas variedades de plantas e que formas híbridas constantes são capazes de formar novas espécies (MAYR, 1998; OREL, 1996).

Charles Naudin (1815-1899) não acreditava que havia mistura das essências parentais para formar uma nova espécie. Ele observou que existia predomínio das características de um dos genitores ou uma característica intermediária e afirmou que as características parentais se segregavam na geração dos híbridos pela ação da essência específica (OREL, 1996).

Naquele momento, metade do século XIX, Wagner e seu pupilo Luckart (ambos professores em universidades) defendiam a noção de que, para entender a geração era necessário resolver questões sobre a hereditariedade, e para isso seria necessário desenvolver uma metodologia para experimentação. Jan Evangelista Purkyne, que mantinha correspondência com Wagner (1787-1869), afirmava que a fertilização era fusão dos germes de ambos os pais, defendendo, então, a participação de ambos os progenitores na geração e a ocorrência de transferência de características dos pais para a prole. Em 1850, Purkyne esteve em Brünn, visitando o mosteiro de São Tomás e manteve discussões sobre as idéias científicas da época com o monge Matthew Klácel, que era interessado em Ciências Naturais e tinha idéias evolucionistas sobre o desenvolvimento do mundo. Klácel era o responsável pelo jardim quando Mendel chegou ao mosteiro e tornaram-se bons amigos (OREL, 1996; OREL, 1973). Esse fato auxilia na compreensão de que os monges de Brünn não eram isolados, e procuravam estabelecer contato e debater com membros da comunidade científica, ou seja, buscavam estar próximos do círculo esotérico do coletivo de pensamento científico.

Antes de Mendel publicar seu artigo, o filósofo Herbert Spencer, em 1863, propôs que os organismos eram formados a partir de “unidades fisiológicas” típicas

de cada espécie (SINGER, 1947). Segundo Mayr (1998), a primeira teoria geral da hereditariedade e do desenvolvimento seria a de Spencer, que levou em consideração também o fenômeno da regeneração, que acontece em algumas espécies e concebeu a idéia de que cada unidade fisiológica poderia se reproduzir e restituir o organismo. Para Spencer, a forma do organismo dependeria da organização das unidades fisiológicas, que teriam a capacidade de se alterar em função do meio ambiente e, deste modo, seriam capazes de transmitir os caracteres adquiridos.

Essa era a situação do conhecimento (estado do conhecimento) sobre hereditariedade na época em que Mendel desenvolveu seus experimentos com ervilhas. Busco situar também o contexto social e econômico em que se encontrava o convento onde Mendel viveu e que se localizava em Brünn, na região da Morávia.

5.3 Como eram a Morávia e a cidade de Brünn

Na época de Mendel, a Moravia²² era uma pequena região agrícola do Império Austro-Húngaro, que, como outras partes da Europa, passava por mudanças sociais advindas da Revolução Industrial.

Os ricos proprietários de terras buscavam uma “revolução agrícola”, que proporcionasse aumento na produção para satisfazer a necessidade crescente de matéria-prima pelas indústrias, para alimentar os operários e aumentar o comércio de produtos agrícolas. Nesse contexto econômico, desde o início do século XIX, na

²² Hoje, a Morávia é uma província da Republica Tcheca.

região da Morávia, foram criadas muitas sociedades acadêmicas, a partir da iniciativa das autoridades e de particulares, com a intenção de melhorar a economia (ENGLEBERT-LECOMTE, 2000).

Brünn era uma cidade economicamente importante na região da Morávia, pois era o maior centro de manufatura de artigos de lã do Império. Com o intuito de discutir os problemas relativos à criação de ovelhas e encontrar soluções práticas que aumentassem a produtividade e propiciassem melhoria da qualidade da lã, criadores, donos de fábrica, economistas e professores de agricultura reuniram-se para formar a “*The Sheep Breeders Society*” (Associação de Criadores de Ovelhas), em 1814 (OREL, 1996; OREL e WOOD, 1998).

Como visto no tópico anterior, no início do século XVIII, a hereditariedade ainda estava associada ao processo de geração (desenvolvimento do embrião ao novo indivíduo). Os membros da Associação discutiam como as características dos pais passavam para a prole. Os encontros da Associação ocorriam anualmente e participavam pessoas da própria cidade, de outras regiões do Império e de países próximos. A seleção ou hibridação²³ das características economicamente interessantes dos animais de criação era uma sugestão bastante discutida e recomendada para se conseguir a melhoria do rebanho. Um dos desafios lançados aos membros da Associação era a tentativa de estabelecer leis sistemáticas para guiar o trabalho dos criadores. Count E. Festetics (1764-1847), um perito húngaro, aceitou o desafio e apresentou suas “leis”, que se aproximavam mais de orientações práticas: os animais transmitem suas características à prole; as características dos

²³ É o cruzamento entre duas raças de uma mesma espécie vegetal ou animal ou entre espécies diferentes (Englebert-Lecomte, 1998/1999)

avós desaparecem nos filhos e reaparecem nos netos; os animais com características convenientes podem ter filhos com traços indesejáveis, que não devem ser utilizados para reprodução; e, a necessidade de uma seleção rigorosa de animais para o cruzamento.

Nos encontros da Associação, a palavra hereditariedade começou a ser utilizada para se referir ao fenômeno de transmissão de características de pais para filhos (OREL e WOOD, 1998; OREL, 1996). Em 1836 e 1837, J. K. Nestler (professor de Agricultura na Universidade de Olomouc) e Napp (abade do mosteiro de Mendel) discutiram questões sobre hereditariedade (OREL, 1996; OREL, 1973). Nestler sugeriu que os esforços se concentrassem no problema da hereditariedade, de maior interesse para os criadores, à parte da questão da geração. Para Napp, era importante entender o que era transmitido e como era o processo (DROUIN, 1996; OREL e WOOD, 1998; ENGLEBERT-LECOMTE, 2000).

Um dos fundadores da Associação de Criadores de Ovelhas foi Christian André (1763-1831), uma figura importante no desenvolvimento da região. Ele foi também o fundador do *Moravian Museum* e um dos fundadores e o secretário da Sociedade de Agricultura. Criou vários jornais, sendo um deles voltado para a promoção da agricultura e da tecnologia, fazendo a divulgação de técnicas e métodos utilizados em outros países. Isto estimulava e propiciava a circulação de idéias (OREL, 1973).

André defendia a idéia de utilizar o novo conhecimento científico para resolver problemas práticos. Uma de suas preocupações era aumentar a produtividade do

rebanho, mas sem perder a qualidade. Seu filho Rudolph escreveu um livro apresentando métodos de seleção de animais para criação (OREL, 1973).

Com o apoio de Christian André, foi criada a Sociedade de Pomologia²⁴, em Brünn, cujo presidente era Franz Cyrill Napp, que era o superior do mosteiro de Brünn. Em 1940, eles organizaram o quarto encontro de agricultores alemães, ao qual Orel (1973) considerou como um congresso científico.

A Sociedade de Pomologia incentivava a hibridização e promovia a utilização da técnica da fertilização artificial para a melhoria das plantas, principalmente de árvores frutíferas (OREL, 1973; DROUIN, 1996; ENGLEBERT-LECOMTE, 2000).

Quando Mendel ingressou no Mosteiro Agostiniano de São Tomas, em Brünn, foi recebido pelo Abade Napp, que o estimulou a trabalhar com cruzamentos de plantas e a participar das associações locais. Em 1851, Mendel tornou-se membro da Seção de Ciências Naturais, ligada à Associação de Agricultura (criada em 1850). Foi nas reuniões dessa Associação, em 8 de fevereiro e 8 de março de 1865, que Mendel apresentou seu trabalho sobre cruzamentos de ervilhas (ENGLEBERT-LECOMTE, 2000; MAYR, 1998; FREIRE-MAIA, 1995; OREL, 1973).

Nas associações organizadas na Morávia, estava presente o interesse em melhorar a produtividade, tanto de animais quanto das plantas, vinculando o desenvolvimento científico com o conhecimento prático:

Este interesse, além disso, não foi limitado à prática, mas também abrangeu uma veia teórica forte, na medida em que os criadores da Morávia estavam ansiosos para

²⁴ A Pomologia refere-se ao estudo de árvores frutíferas.

descobrir as regras da hereditariedade por meio das quais eles poderiam converter a arte da reprodução em uma ciência (SANDLER e SANDLER, 1985).

Como aponta Orel (1973), este ambiente serviu de base para o desenvolvimento do ponto de vista de Mendel, influenciando seus primeiros experimentos que tentavam esclarecer os mistérios da hereditariedade. A partir da epistemologia de Fleck, é possível ver que nesse ambiente foi estimulada a circulação das idéias, por intermédio das associações que incentivavam a participação de membros detentores do conhecimento científico formal oriundos de universidades e aqueles donos do saber prático (os criadores e cultivadores) buscando sua integração.

5.4 Cultivadores e Híbridos

A manipulação de cruzamentos era a metodologia utilizada por dois grupos que investigavam questões ligadas à hereditariedade: híbridos e criadores de plantas e animais. Apesar de coexistirem na mesma época, esses grupos pertenciam a tradições diferentes, com interesses, problemas e objetivos próprios. Assim, constituiriam coletivos de pensamento diferentes.

Os híbridos de espécies eram estudiosos preocupados com a produção de novas espécies. Queriam entender se, a partir do cruzamento de duas espécies diferentes, surgiria uma terceira, ou seja, para eles o problema era saber se o híbrido resultante desse cruzamento constituiria uma nova espécie, uma nova essência. Sua

atenção estava dirigida ao problema das espécies e não dos caracteres individuais.

Para Mayr,

É preciso acentuar uma vez mais que esses estudiosos não estavam engajados na pesquisa das leis que regulavam a hereditariedade dos caracteres individuais. Eles estavam interessados na essência da espécie como um todo (...) (Mayr, 1998, p. 720).

Os hibridadores já haviam generalizado a idéia de que os híbridos produzidos na geração F_1 apresentavam caráter intermediário e uma relativa uniformidade e que na geração F_2 ocorria o aumento da variabilidade. Eles não acreditavam que a herança se dava por um processo de mistura da matéria seminal dos genitores (exceto Nägeli, o que teve repercussão no trabalho de Mendel).

Entre os hibridadores de espécies Mayr (1998) cita Lineu (1707-1778) e os botânicos Kölreuter, Gärtner, Naudin (apresentados no tópico 5.2), excluindo Mendel.

Para alguns autores (GIORDAN, 1987; HARTL e OREL, 1992; ENGLEBERT-LECOMTE, 2000), Mendel fez parte da tradição dos hibridadores porque utilizava a ervilha como material para experimentação e sua observação era centrada na transmissão de caracteres. Mendel considerava-se um hibridador em razão do seu trabalho com híbridos e em seu artigo de 1865, fez referências a Kölreuter, Gärtner e Wichura, importantes personalidades da tradição dos hibridadores. Neste sentido, Mendel esteve próximo do estilo de pensamento deste coletivo.

Diferentemente dos hibridadores, que se interessavam pelo problema das espécies, os cultivadores de plantas²⁵ eram instigados pelos aspectos práticos da hereditariedade, como aumentar o rendimento e melhorar a qualidade de plantas e animais. “As experiências práticas eram realizadas nos pomares e pastos, nas colméias e nos galinheiros” (JACOB, 1983, p. 207). Este grupo de pesquisadores é assim caracterizado por Mayr:

Seu interesse, de ordem puramente utilitária, consistia em melhorar a produtividade das plantas cultivadas, aumentar a sua resistência às doenças e à geada, e em produzir variedades novas. Embora eles também fizessem uso do cruzamento de espécies, o seu objetivo maior era cruzar variedades, muitas das quais diferiam apenas em um ou em uns poucos caracteres mendelianos, como se diria hoje (MAYR, 1998, p. 722).

Entre os cultivadores da época, estão Knight (1759-1853), que destacou a vantagem de utilizar ervilhas comestíveis (*Pisum sativum*) nos trabalhos sobre hereditariedade, e Sageret (1763-1851), que realizou cruzamentos entre variedades do melão (*Cucumis melo*) (MAYR, 1998, OREL, 1996). Sageret analisou cinco pares de variedade seguindo a tradição dos cultivadores que “estudavam caracteres individuais e seguiam seu destino por uma série de gerações” (MAYR, 1998, p. 723). Ele concluiu que não havia fusão íntima entre os caracteres dos genitores, mas que ocorria uma distribuição (igual ou desigual) desses caracteres que são imutáveis:

Sageret não apenas confirmou o fenômeno da dominância e descobriu a segregação independente dos diversos caracteres, mas estava plenamente consciente da importância da recombinação (MAYR, 1998, p. 724).

²⁵ Mayr (1998) também os chama de criadores de plantas práticos.

Vários elementos apóiam a identificação de Mendel com a tradição dos cultivadores: a preocupação com as regras da hereditariedade, o estudo de caracteres isolados, a preocupação com o melhoramento de plantas, a origem em uma família de agricultores, a ligação de seu mosteiro com a Sociedade de Agricultura (que, como visto anteriormente, incentivava a utilização de procedimentos para melhoria de plantas e da pesquisa dos fenômenos da hereditariedade).

Mayr (1998) aponta Mendel como cultivador e contesta sua inclusão no grupo de hibridadores:

Como discípulo de Unger e estudioso da evolução, Mendel ocupava-se com as diferenças de um único caráter e não, como os hibridadores, com a essência das espécies. É muito importante ter plena consciência disso, para bem entender sua obra. Seria totalmente equivocado dizer que o aparato conceitual de Mendel era o dos hibridadores. É justamente o afastamento dessa tradição que caracteriza o seu pensamento, e constitui uma das suas grandes contribuições (MAYR, 1998, p. 795).

As idéias de Fleck (1986a), porém, possibilitam uma nova interpretação. A convivência de Mendel com estilos de pensamentos próximos teria possibilitado a criação de um estilo de pensamento especial, situado entre os hibridadores e cultivadores.

5.5 A origem agrícola de Mendel

A família de Mendel era proprietária de um pequeno sítio em Heinzendorf e Mendel auxiliava seu pai nas atividades rotineiras. O seu convívio com as atividades, práticas e as técnicas agrícolas o aproxima do coletivo dos agricultores.

Muitos autores, entre eles Jacob (1983) e Freire-Maia (1995), apontam que o convívio e o trabalho com a família de agricultores influenciaram a obra de Mendel. Cavalcanti (1965) destaca ainda a importância da aprendizagem de técnicas de enxertia e hibridação na infância de Mendel, que depois foram as ferramentas que ele utilizou em suas experiências. Sobre esta influência, Drouin assinala:

Pelo exemplo paterno, reforçado pelo ensino do professor e do cura, Mendel teria, portanto, muito provavelmente assimilado desde a infância um *saber* hortícola substancial: quer dizer, não apenas as *noções práticas* de botânica, mas também o *golpe de vista* e os *gestos* que permitem ao jardineiro usar astúcia para com o vegetal (DROUIN, 1996, p.30-31) (grifo meu).

Deste modo, Mendel detinha o *saber*, as *noções práticas*, o *golpe de vista*, *gestos* comuns a um lavrador, o que me faz inseri-lo no estilo de pensamento compartilhado pelo coletivo dos agricultores. No mosteiro, Mendel exerceu a função de jardineiro e horticultor. A sua participação em cursos de agricultura, arboricultura e vinicultura demonstra o interesse que ele tinha pelo cultivo de plantas.

Mendel sempre se interessou por plantas ornamentais e pelo melhoramento dos vegetais, e conseguiu obter uma nova variedade de flor que ficou conhecida como a fúcsia de Mendel. *“Pelas suas pesquisas agronômicas, chegou mesmo a*

receber uma medalha” (FREIRE-MAIA, 1995, p.30). Em seu famoso trabalho de 1865, é revelada a importância desta sua atividade:

Experiências de fertilização artificial, semelhantes às que se realizaram com plantas ornamentais para a obtenção de novas variações de cor, conduziram-nos às que serão aqui discutidas (MENDEL, 1995 [1865], p.53).

Mendel não se tornou um fazendeiro agricultor, mas manteve ligações com esse estilo de pensamento, sendo um participante, na perspectiva fleckiana, do círculo exóterico ligado a este coletivo de pensamento. Seu trabalho foi influenciado principalmente pelo domínio e habilidade de prática comum aos agricultores: a execução da técnica de polinização artificial, crucial para seus cruzamentos entre ervilhas. A autofecundação é o modo de reprodução das ervilhas e, para garantir a origem dos cruzamentos e realizar a fecundação cruzada, Mendel utilizava a polinização artificial.

5.6 Mendel cientista

Enquanto frequentou a Universidade de Viena, Mendel, além da preparação para tornar-se professor, também recebeu uma *“sólida formação científica, sobretudo no plano metodológico”* (DROUIN, 1996, p. 32). Seria melhor dizer que durante sua vida universitária ele teve uma iniciação científica. Dessa forma, posso considerar que Mendel pretendia ser um membro do coletivo de pensamento que compartilhava o estilo de pensamento científico predominante. Prevalencia naquele

período (metade do século XIX) a concepção empirista da Ciência, considerada como

(...) uma interpretação dos fatos baseada em observações e experimentos que permitem estabelecer induções e que, ao serem completadas, oferecem a definição do objeto, suas propriedades e suas leis de funcionamento. A teoria científica resulta das observações e dos experimentos, de modo que a experiência não tem simplesmente o papel de verificar e confirmar conceitos, mas tem a função de produzi-lo. Eis por que, nesta concepção, sempre houve grande cuidado para estabelecer métodos experimentais rigorosos, pois deles dependia a formulação da teoria e a definição da objetividade investigada. (...) a teoria científica era uma explicação e uma representação verdadeira da própria realidade, tal como esta é em si mesma (CHAUÍ, 2000, p.252).

A figura de um monge trabalhando no jardim de seu mosteiro pode contribuir para a construção de uma imagem de pesquisador amador, idéia que é rechaçada por Drouin (1996) ao discutir a posição de Mendel como cientista:

Convém, a propósito, precisar bem o que significa o termo amador. Se entendermos com isso alguém que não se beneficia de um posto de investigação, de ensino ou direcção numa universidade ou num estabelecimento equivalente, o termo convém-lhe, como convirá a Darwin. Em contrapartida, caso se defina amador como aquele que não recebeu formação universitária no domínio considerado, Mendel não pode entrar nesta categoria. Por outras palavras, ele pode ser considerado como um 'beneficiado' da investigação mas não como um autodidacta'. Por fim, ele dispunha no seu convento de um jardim experimental e de ajudas para as culturas, sem contar a biblioteca e as trocas com outros religiosos naturalistas; numa palavra, beneficiava de facilidades que alguns universitários talvez tivessem invejado (DROUIN, 1996, p.32-33).

Mendel trocava correspondência com outros cientistas e, além disso, a sua participação na Sociedade de Ciências Naturais lhe proporcionava encontros com amadores, universitários e especialistas de áreas diversas e a possibilidade de publicação. Esta Sociedade enviava suas publicações a mais de uma centena de bibliotecas e instituições como a Royal Society e a Linnean Society.

Entendo que Mendel buscou estabelecer comunicação entre seus pares, participar e ser reconhecido como membro do coletivo de pensamento dos cientistas, no entanto, parece que ele não foi bem acolhido naquela ocasião.

Analiso a ligação de Mendel com grupos ligados a duas disciplinas científicas: a Física e a Biologia. Embora Fleck (1986a) apresente a estrutura do coletivo de pensamento científico como um todo e dispense tratar as peculiaridades de cada especialidade, por considerá-las próximas, para este trabalho, entendo que é necessário investigar a possível contribuição destes coletivos separadamente no trabalho de Mendel.

5.7 Os Físicos

Na Universidade de Viena, Mendel estudou Física e foi aluno do famoso físico Christian Doppler (1803-1853) (MAYR, 1998; FREIRE-MAIA, 1995; BLANC, 1984). Seu interesse pela Física levou-o a servir como demonstrador no Instituto de Física da Universidade de Viena, vivência essa que *“ensinou-o a tomar notas cuidadosas dos seus experimentos, para chegar a generalizações numéricas e tentar uma rudimentar análise estatística”* (MAYR, 1998, p. 793-794).

A utilização da Estatística para analisar dados já era um procedimento entre os físicos e Mendel utilizou esse método para analisar seus resultados dos cruzamentos entre ervilhas. Em relação ao uso da Estatística, o trabalho de Mendel foi criticado porque seus dados eram “belos” demais e que ele teria manipulado os resultados dos experimentos (DROUIN, 1996). A insinuação que Mendel havia fraudado seus resultados é rebatida por Freire-Maia:

O fato é que, na época de Mendel, se ensinava que, com o fim de aproximar do máximo de verdade, dever-se-iam repetir as observações e, depois, selecionar aquelas que parecessem menos contaminadas por erros. Foi isto que Mendel aprendeu, de 1851 a 1853, na Universidade de Viena. Esse método é ilegítimo hoje, mas era a ciência oficial da época (FREIRE-MAIA, 1986, p. 1110).

Pilgrin (1984) refere-se ao paradoxo²⁶ dos bons resultados de Mendel: se os dados empíricos se afastassem muito do esperado, então o trabalho seria invalidado; mas, ao apresentar resultados muito próximos ao previsto por sua hipótese, foi desacreditado. Em defesa de honestidade dos dados de Mendel, o autor argumenta que Mendel relatou resultados anormais (apontando-os como desvios) e que ele publicou um artigo sobre cruzamentos com *Hieracium* cujos resultados não se adequavam aos esperados e que ele não conseguia explicá-los.

A influência do convívio com o coletivo de pensamento ligado aos físicos relaciona-se com a escolha da metodologia, com a utilização da Estatística e principalmente com o emprego do método experimental na procura de uma lei geral, que era característico da Física. Mendel planejou seus experimentos tendo em

²⁶ Pilgrin refere-se ao paradoxo é muito bom para ser verdade.

mente uma hipótese que queria testar (MAYR, 1998). Inclusive, a estrutura do artigo de 1865 é similar ao estilo de pensamento dos físicos do período: os objetivos são claramente definidos, os dados são apresentados concisamente e as conclusões são formuladas com cautela. O trabalho de Mendel é considerado um exemplo clássico da literatura científica (MAYR, 1998; OLBY, 1997).

Segundo Mayr (1998), a tradição dos físicos contemporâneos de Mendel recomendava a procura de uma lei geral, e como suas leis adequavam-se às ervilhas e não à chicória, ele ficou em dúvida se suas “descobertas” seriam válidas para todas as espécies de plantas. Desestimulado por estes resultados e eleito abade de seu mosteiro em 1871, Mendel abandonou seu trabalho com cruzamentos.

O grande interesse de Mendel pela Física fez com que ela fosse a principal disciplina das suas atividades de ensino (MAYR, 1998; DROUIN, 1996).

5.8 Influências das disciplinas da área biológica

Drouin (1996) argumenta que muitos autores aproximam Mendel da investigação biológica por sua relação com a horticultura. Sapp (1990) afirma que os experimentos de Mendel são centrais para a moderna Biologia. O problema formulado por ele era do campo da Biologia. A escolha do material para a experiência, os procedimentos específicos, os cuidados, a prática e os conceitos foram trazidos de áreas conectadas ao campo biológico

Em Viena, Mendel teve cursos de Zoologia, Paleontologia e Botânica, disciplinas da área da Biologia. Especial destaque deve ser dado ao fato de que seu

professor de Botânica foi Franz Unger, um defensor da teoria da evolução. Unger (1800-1870) propôs que a diversidade tinha origem interna e não externa, refutando a idéia de que o surgimento de novas espécies decorria somente da influência de fatores externos. Ele acreditava que a solução do problema da origem das espécies viria através do estudo das variações (MAYR, 1998). Para Unger, as combinações de elementos existentes no interior da célula eram as responsáveis pelo aparecimento de novas formas. Ele indicava que estudar a origem da variação utilizando a hibridização auxiliava a compreender como surgiam novas espécies (OREL, 1973).

Interessado pelos problemas da evolução e influenciado pelas idéias do mestre Unger, Mendel acreditava que as suas hipóteses deveriam estar em conexão com a teoria da evolução das espécies:

É altamente significativo o fato de que, como no caso de Darwin, foi a questão das espécies que inspirou Mendel no seu trabalho sobre a hereditariedade, em perfeito contraste com os embriologistas e citologistas alemães, cujo interesse básico residia na fisiologia do desenvolvimento (MAYR, 1998, p.793).

Naquele período, segunda metade do século XIX, o estado do conhecimento relativo à área biológica era o seguinte:

Em resumo, em 1859 estavam já constituídos cientificamente, quer dizer, estavam em posse de princípios heurísticos, de conceitos operatórios e de técnicas experimentais, os estudos relativos 1) à origem da vida sob a forma da vida de seres unicelulares, 2) ao desenvolvimento e à estrutura elementar do organismo

pluricelular, 3) às funções de manutenção e de comportamento do organismo individual, considerado como um todo (CANGUILHEM, 1977).

O problema que dominava as discussões da área biológica era a evolução (SANDLER e SANDLER, 1985) e a teoria de Charles Darwin recebia grande atenção.

Em 1859, Darwin publicou o livro *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* e suscitou grandes discussões sobre o processo de criação das espécies. Uma das críticas relacionava-se com a questão de que, após as misturas iniciais, tudo se transformaria em uma uniformidade. Era necessário que houvesse variação para que a seleção natural pudesse atuar.

Mendel leu o livro de Darwin “*Origin of Species*” e fez várias anotações sobre ele (FREIRE-MAIA, 1995; HARTL e OREL, 1992; CAVALCANTI, 1965). Aparentemente, Mendel teria aceitado a idéia de evolução e seleção natural. Em muitos outros aspectos, porém, as idéias Mendel e Darwin estavam distantes.

Em 1868, no livro *Variation and Plants under Domestication* (Variação de Animais e Plantas sob Domesticação), Darwin apresentou sua teoria da hereditariedade para sustentar a sua teoria da seleção natural (MAYR, 1998; ROSE, 2000; SMITH, 1975).

Para resolver este impasse da fonte das variações, Darwin recorreu à herança dos caracteres adquiridos. Por intermédio da pangênese, Darwin sugeria que as transformações ocorridas nas gêmulas situadas em qualquer parte do organismo poderiam ser levadas para os órgãos reprodutores e assim transmitidas

para a prole, possibilitando a transmissão dos caracteres adquiridos. Na concepção de Darwin, a variação era contínua, gradual, e a herança era por mistura (herança miscível), por meio de uma base material que seria a gêmula. Para Orel (1996), a pangênese darwiniana era inspirada na teoria original de Hipócrates (460-377).

Darwin e Lamarck (1744-1829), outra importante referência para a área, utilizaram o recurso da herança dos caracteres adquiridos, mas com enfoques diversos: para o primeiro, o processo evolutivo estava ligado à seleção natural enquanto para o segundo, o mecanismo de adaptação de sua teoria da evolução baseava-se numa forma de esforço vital (ROSE, 2000).

Mendel não compartilhava da idéia de herança adquirida. Também discordava da noção da mistura ou combinação dos caracteres dos progenitores, e por isso estudou a expressão dos caracteres, tomando-os individualmente (GROS, 1989).

Mendel estava ciente dos estudos dos cultivadores de plantas e criadores de animais e aceitava suas idéias, acreditando que os caracteres individuais não se misturavam durante a fecundação, sendo transmitidos à geração seguinte com quantidades discretas e de forma independente. Ao afirmar que a variação era brusca e descontínua, Mendel contrariava a crença, compartilhada por Darwin e muitos outros “biólogos” da época, na variação gradual e contínua (MAYR, 1998) e na mistura dos caracteres.

Após a publicação de seu artigo, Mendel tentou estabelecer diálogo com outros pesquisadores da época e discutir os resultados de seus experimentos com ervilhas e suas conclusões. Ele enviou cartas com separatas de seu artigo,

publicado em 1866, a alguns deles. Somente Nägeli, um botânico famoso, respondeu discordando dos resultados de Mendel e lhe remetendo separatas de cinco artigos sobre o tema. A partir deste momento Mendel e Nägeli mantiveram correspondência durante sete anos. Mendel pediu a Nägeli que lhe enviasse sementes de *Hieracium* e foi incentivado por este a repetir seus experimentos com esta planta, mas para Rose:

Nägeli parece ter desestimulado Mendel deliberadamente, iludindo-o quanto aos resultados de outros trabalhos científicos relevantes e providenciando para que poucos cientistas ouvissem falar dele. Com isso, durante mais de 30 anos, Nägeli conseguiu suprimir quase por completo a demonstração mendeliana da herança descontínua (ROSE, 2000, p. 50).

Nägeli nunca aceitou as conclusões de Mendel, pois tinha elaborado também uma proposta de teoria de hereditariedade que se baseava na herança miscível, isto é, na mistura do material herdado de ambos os progenitores (MAYR, 1998; FREIRE-MAIA, 1995, HENIG, 2001). Desse modo, aceitar as conclusões de Mendel significaria para Nägeli reconhecer que sua teoria estava errada. Com Fleck, é possível dizer que as concepções e o sistema de idéias de Nägeli e Mendel eram incompatíveis.

Para Darwin e muitos outros contemporâneos de Mendel, as discussões sobre hereditariedade estavam inseridas nos estudos de outras áreas como reprodução, embriologia, fisiologia e evolução, sem constituir um campo de interesse isolado. Algumas teorias da hereditariedade já haviam sido propostas,

mas visando apenas complementar alguma teoria geral²⁷. Em relação especialmente à embriologia, CANGUILHEM (1977) argumenta sobre a incompreensão do trabalho de Mendel em sua época:

(...) Mendel foi o primeiro a retirar radicalmente os fenômenos da hereditariedade à competência dos embriologistas, para fazer destes fenômenos um objeto de estudo que se bastava a si próprio, porque ele formulou, ainda que à sua maneira, as regras de combinação de caracteres a que actualmente se chama 'leis de Mendel (...)' (CANGUILHEM, 1977, p. 97).

Nessa perspectiva, o trabalho de Mendel poderia ser encarado como parcial e incompleto (SANDLER e SANDLER, 1985). Este pode ser um dos motivos que contribuíram para a desconsideração do trabalho de Mendel por seus contemporâneos.

Um ponto em que Mendel se afasta dos naturalistas em geral, é quanto à concepção dos experimentos. Segundo Jacob

Até meados do século XIX, observavam-se os seres vivos, mas procurava-se não alterar sua ordenação quando fosse analisá-los. Consideravam-se os organismos em sua totalidade, com o objetivo de especificar suas propriedades e suas estruturas. Eram comparados entre si com o objetivo de determinar analogias e as diferenças. Para Darwin, como para Cuvier, era a natureza que realizava as experiências para o naturalista (JACOB, 1983, p. 187)

O naturalista Charles Darwin, entretanto, apesar de ser considerado um grande teórico e ter desenvolvido sua teoria da evolução utilizando muita

²⁷ A primeira teoria geral da hereditariedade e do desenvolvimento foi proposta pelo filósofo Herbert Spencer, em 1864 (MAYR, 1998).

argumentação, planejou e realizou muitos experimentos (germinação de sementes, cruzamento de ervilhas, pombos, minhocas) (DESMOND e MOORE, 2000). Mendel, ao contrário da maioria dos naturalistas, planejava seus experimentos, determinava e manipulava os cruzamentos desejados. Essa atitude, condizente com a dos físicos, mostra que a postura de Mendel era diferente do costume dos botânicos naquela época, o que, no meu entender, se relaciona à proximidade de Mendel com diversos estilos de pensamento.

A originalidade da obra de Mendel é destacada por Jacob:

A atitude de Mendel possui principalmente três elementos de novidade: a maneira de considerar a experimentação e de escolher o material conveniente; a introdução de uma descontinuidade e a utilização de grandes populações, o que permite expressar os resultados por números e submetê-los a um tratamento matemático; o emprego de um simbolismo simples que torna possível um diálogo incessante entre a experimentação e a teoria (JACOB, 1983, p. 208-209).

Mesmo utilizando conceitos do campo da Biologia e trabalhando com um problema relacionado a este campo, considero que, em vários aspectos, as atitudes, procedimentos e concepções de Mendel se diferenciavam do estilo de pensamento predominante nas disciplinas ligadas ao conhecimento biológico (Botânica, História Natural, Agronomia). Sobre a relação de Mendel com a Biologia, Jacob afirmou:

Pois se a obra de Mendel concilia-se com a física de sua época, ela não exerce a menor influência sobre a maneira de seus contemporâneos fazerem biologia (Jacob, 1983, p.213).

5.9 Apicultor

Como apicultor, Mendel observava cuidadosamente várias colméias que mantinha no mosteiro. Relatava suas observações na Associação dos Apicultores da Moravia. Somente após 17 anos de participações, ele ingressou como membro desta Associação (FREIRE-MAIA, 1995; DROUIN, 1996). Segundo Kerr (1995), Mendel teve muitas dificuldades com suas pesquisas com abelhas porque não sabia realizar inseminação artificial e desconhecia que uma rainha poderia cruzar com vários machos. Fez, no entanto, várias observações interessantes sobre a vida das abelhas e “sugeriu aos apicultores a seleção pelo uso das colônias melhores e mais fortes” (KERR, 1995, p.44-45).

Freire-Maia (1995) aponta que, em 1950, Zirke (historiador da Genética) defendeu a hipótese de que o trabalho de Mendel foi fortemente influenciado pela pesquisa com abelhas do abade Johann Dzierzon (que publicou artigos em 1845 e 1854). Dados obtidos nos experimentos de Dzierzon lhe sugeriram que as fêmeas virgens produziam dois tipos de gametas em igual proporção. Se nos machos ocorresse a mesma coisa, a relação para os descendentes seria 1:2:1, e com dominância completa 3:1. Considerando essa idéia de Zirke, acredito que o trabalho de Dzierzon foi uma das fontes de inspiração para a hipótese que Mendel teria em mente para a realização de seus experimentos com ervilhas.

5.10 Meteorologista

Mendel era tido como um homem meticoloso e sistemático. Essas características transparecem no relato de Freire-Maia sobre as atividades dele em relação à meteorologia :

Sobre Meteorologia, basta saber que, durante 40 anos, Mendel fazia a leitura, três vezes por dia, dos aparelhos colocados a várias distâncias dentro da área do mosteiro, o que o obrigava a andar cerca de 6 quilômetros diários. Chegou a inventar um aparelho para observar o sol, e assim determinar a influência das variações solares sobre o clima (FREIRE-MAIA, 1995, p. 9).

Mendel foi meteorologista oficial da cidade de Brünn e, desempenhando essa função, enviava regularmente relatórios para o Instituto Meteorológico de Viena (HENIG, 2001). Em razão do interesse por Meteorologia, Mendel escreveu nove artigos (DROUIN, 1996; OREL, 1973). Assim, ele produziu mais artigos nesta área do que em relação aos seus experimentos de cruzamentos de vegetais (dois trabalhos publicados). Ele seria, então, nesta minha interpretação baseada nas idéias de Fleck, um membro do coletivo de pensamento dos meteorologistas.

5.11 O Monge Agostiniano

Sendo um monge, Mendel era um membro ativo do coletivo de pensamento da religião católica, obedecendo as suas regras, tendo formação solidamente

orientada pelos rituais e pela tradição do catolicismo. Seu modo de pensar científico, no entanto, parece não ter sofrido influências da sua crença religiosa:

Nada deixa pressupor que não tenha aderido à fé cristã, que professava, mas de facto esta nunca interferiu com o seu trabalho científico. Não há qualquer traço nos seus textos daquela 'teologia natural', tão corrente na altura (DROUIN, 1996, p. 32).

Isto parece concordar com a indicação feita por Fleck (1986a) de que pessoas pertencentes a coletivos com estilos de pensamento muito diferentes manteriam um isolamento entre os conteúdos para evitar a influência de um sobre o outro.

A adesão de Mendel à ordem religiosa de Santo Agostinho, todavia, trouxe algumas influências no seu trabalho científico. Algumas características deste grupo religioso (DROUIN, 1996; FREIRE-MAIA, 1995), parecem indicar que isto pode ter acontecido:

Os agostinianos não têm uma regra severa como os cartuxos e nem mesmo como os trapistas. Estão longe de formar uma ordem contemplativa, afastada do ruído mundano e inteiramente dedicada à vida reclusa. Foi por isso que Mendel pôde se locomover livremente, ter atividades sociais, ocupar postos governamentais e bancários, ser estudante universitário, exercer o magistério fora do mosteiro e fazer viagens de passeio à Alemanha, Itália, França e Inglaterra (FREIRE-MAIA, 1995, p.16).

Nesta análise, é possível considerar que os agostinianos formavam um coletivo de pensamento inserido em um coletivo mais amplo formado pelos católicos.

Mendel convivia ainda com uma comunidade menor formada pelos monges do Mosteiro de São Tomás, a qual apresentava algumas particularidades como a dedicação ao ensino (principalmente de Ciências), o interesse pelas Ciências Naturais e pela Agricultura, bem como o incentivo à realização de experimentos científicos na área de hibridação de plantas (SANDLER e SANDLER, 1985; DROUIN, 1996; HART e OREL, 1992). Essas características especiais mantêm relação com a região onde se situava o mosteiro (Brünn, na Morávia, conforme já comentei) e com a presença do abade Napp.

Franz Cyrill Napp (1792-1867) foi superior do mosteiro por 43 anos. Além das atividades administrativas do convento, supervisionou o sistema escolar da região durante muitos anos e foi dirigente de várias entidades agrícolas. Uma delas foi a Sociedade de Pomologia (como apresentado anteriormente), uma instituição que visava melhorar os métodos de seleção e de hibridação de árvores frutíferas e da videira e era filial da Sociedade de Agricultura. Napp concordava com a idéia de que era necessário conhecer as leis da hereditariedade para melhorar a seleção artificial e considerava importante compreender “o que era transmitido e como”. Para isso afirmou que era necessária uma pesquisa pura, que mantivesse distância da agricultura. Resolveu, então, incentivar Mendel a se dedicar a este intento (ENGLEBERT-LECOMTE, 2000; DROUIN, 1996; OREL e WOOD, 1998; OREL, 1996).

5.12 A repercussão do trabalho de Mendel

Vários fatores são apontados como justificativa para o fato de o trabalho de Mendel não ter tido repercussão na comunidade científica de sua época. Uma destas justificativas é a obscuridade da revista (*Verhandlungen des naturforschender Vereines in Brünn*) em que foi publicado seu artigo. Essa revista, no entanto, era enviada a várias bibliotecas e sociedades científicas importantes, tendo assim, uma divulgação razoável. Alegar, pois, que a obra de Mendel foi publicada em uma revista desconhecida não procede e não explica por que sua obra foi ignorada pelos cientistas da época (SANDLER e SANDLER, 1985; MAYR, 1988).

O artigo de Mendel foi citado aproximadamente treze vezes em outros trabalhos sobre hibridação antes de 1900 (ano em que foi “redescoberto”) (SANDLER e SANDLER, 1985; MACROBERTS, 1984). Ser reconhecido, porém, como hibridador é outro fator apontado para a negligência com que o trabalho de Mendel foi interpretado (HART e OREL, 1992). Seus contemporâneos imaginaram que o seu trabalho era apenas mais um relato sobre hibridação de plantas e não lhe deram muita atenção.

A utilização da Estatística e de uma linguagem matemática é sugerida também como um fator que contribuiu para que o artigo de Mendel fosse pouco compreendido. Mendel, porém, não foi o único a fazer uso da estatística nesta área. Francis Galton, em 1869, também usou um tratamento matemático para a hereditariedade em seu trabalho. Galton, primo de Charles Darwin, realizou estudos

sobre caracteres qualitativos (cor da pele e altura) e propôs a idéia de que a raça humana poderia se aperfeiçoar por intermédio de procriação seletiva (eugenia). Após 1875, utilizando a Estatística para analisar dos fenômenos de herança, propôs a lei da herança geral:

(...) segundo tal lei, ao patrimônio biológico hereditário total do indivíduo ambos os pais contribuem, em média, com $\frac{1}{2}$, os avós com $\frac{1}{4}$, os bisavós com $\frac{1}{8}$, e assim sucessivamente, sendo igual a soma da série infinita $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} = \dots$ Em qualquer caso, a lei somente se pode aplicar a certos caracteres e dentro de limites restritivos” em que estabelece a proporção de participação dos ascendentes no patrimônio (SINGER, 1947, p. 518).

A teoria da hereditariedade de Galton conseguia, de certa forma, explicar a variação contínua, porém, não o aparecimento de uma pessoa com caracteres recessivos, filha (e neta) de heterozigotos. Galton admitia a existência de partículas hereditárias que podiam se misturar (MAYR, 1998).

A Estatística era pouco utilizada nas pesquisas de disciplinas da área biológica daquela época, porém, a sua utilização no trabalho de Mendel não pode ser considerada a causa única da pouca repercussão do seu artigo. No século XIX, havia a tendência a matematização na Ciência, sendo as idéias e os métodos matemáticos bem aceitos (SANDLER e SANDLER, 1985).

Outro aspecto que pode ter ocasionado o desinteresse pelo artigo de Mendel era que as discussões científicas na segunda metade do século XIX estavam voltadas para o problema da evolução e a teoria de Charles Darwin recebia grande atenção. As variações presentes na mesma espécie (como abordava o artigo de

Mendel) não eram consideradas tão importantes quanto as variações entre as espécies (SANDLER e SANDLER, 1985). Com seus experimentos, Mendel ajudou a explicar a conservação, a estabilidade das espécies, a transmissão de características para a geração futura. Desse modo, seu trabalho parecia não auxiliar na resolução do problema da variação.

Idéias sobre hereditariedade faziam parte de teorias mais amplas relacionadas a temas como reprodução, embriologia e evolução. Nesta perspectiva, o trabalho de Mendel envolvendo apenas aspectos da hereditariedade poderia ser encarado como parcial e incompleto (SANDLER e SANDLER, 1985).

Um fator de caráter conceitual apontado para a negligência às idéias sobre hereditariedade de Mendel é sua defesa da variação brusca e descontínua. Desse modo, Mendel se opunha à noção de variação gradual e contínua e de mistura dos caracteres, posicionando-se contrário às idéias aceitas por Darwin e muitos outros pesquisadores contemporâneos a ele (MAYR, 1998; BLANC, 1984)

Numa perspectiva fleckiana, é possível sugerir que as idéias de Mendel quanto à hereditariedade afastavam-se daquelas presentes nos estilos de pensamento específicos da época, e que essa tenha sido uma das razões para que o trabalho de Mendel tenha sido pouco valorizado por seus contemporâneos. É possível considerar também, a partir da pouca repercussão do trabalho de Mendel em sua época, que não é somente a observação que determina a aceitação (ou refutação) de uma teoria pela comunidade científica; outros elementos também estão presentes (como a disputa entre grupos e a participação em um coletivo).

A análise do desenvolvimento do trabalho de Mendel sugere que sua participação em vários coletivos de pensamento contribuiu para que ele encarasse a hereditariedade sob uma nova perspectiva. Ele teve um olhar diferente para o problema da herança dos caracteres. Ele conviveu com coletivos que concebiam o problema da hereditariedade de formas diversas e que compartilhavam diferentes concepções, práticas e tradição. Assim, em seu trabalho, Mendel utilizou um estilo próprio, particular.

Durante 35 anos o artigo de Mendel recebeu pouca atenção, porém em 1900, esse artigo começou a ter repercussão na comunidade científica, ao ser citado, quase que simultaneamente, por três pesquisadores que trabalhavam, de forma independente, com experimentos de hibridação. Este episódio conhecido na literatura como “redescoberta” é considerado por Mayr “um dos mais extraordinários eventos da história da biologia” (MAYR, 1998). Os botânicos Hugo De Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak são até hoje identificados como “os redescobridores de Mendel”. O termo “redescoberta”, apesar de inapropriado, é consagrado pelo uso nos textos didáticos e históricos sobre Genética, e refere-se mais a uma releitura, uma nova interpretação das idéias sobre hereditariedade apresentadas por Mendel em seu artigo de 1865.

A valorização do trabalho de Mendel ocorreu no momento em que havia um novo estado de conhecimento relacionado principalmente à citologia. Isso contribuiu para que um novo sentido fosse dado às idéias apresentadas no artigo de 1865. Ao final do século XIX, os cromossomos já haviam sido descritos bem como sua movimentação durante a divisão celular (tanto a mitose e a meiose) e a constância do número de cromossomos em cada espécie; também já se faziam especulações

sobre a possibilidade dos cromossomos presentes no núcleo celular conterem os elementos responsáveis pela hereditariedade (BROWN, 1972; SMITH, 1975).

As questões que despertavam interesse eram diferentes nos dois momentos históricos. Os hibridadores contemporâneos a Mendel estavam interessados em verificar se mediante a utilização do processo de hibridização era possível desenvolver formas híbridas constantes, o que para eles significaria o surgimento de uma nova espécie, ou seja, a hibridização seria uma forma de especiação. Por outro lado, os pesquisadores do início do século XX, utilizavam a hibridação como método para investigar como a variabilidade era transmitida dos progenitores para seus descendentes (SAPP, 1990). Assim, em contextos distintos, o artigo de Mendel obteve diferentes interpretações e teve diferente repercussão.

Os “redescobridores”, ao contrário do que poderia parecer, não foram um grupo de pesquisadores que trabalharam conjuntamente em torno de objetivo comum, mas sim, pessoas que mantiveram uma disputa científica quanto à elaboração das leis da hereditariedade, sendo que cada um deles interpretava o trabalho de Mendel com um sentido favorável a corroborar sua própria teoria. Os “redescobridores” argumentaram que haviam conduzido seus experimentos e chegaram a conclusões similares às de Mendel antes de tomarem conhecimento do artigo do monge. Para neutralizar a disputa, a estratégia utilizada foi reconhecer Mendel como o autor das leis da hereditariedade (SAPP, 1990; OLBY, 1997).

Hugo de Vries, botânico holandês, professor da Universidade de Amsterdã e diretor do Instituto Botânico, havia proposto em 1889 a teoria da pangênese intracelular, um aprimoramento da teoria de Darwin. Para de Vries, os pangenes seriam partículas materiais que transmitiriam as características dos pais aos

descendentes e poderiam estar em estado ativo ou latente. Ao realizar cruzamentos para testar suas hipóteses, de Vries encontrou relações numéricas próximas às proporções estabelecidas por Mendel. De Vries divulgou o resultado desses cruzamentos em um artigo de 26 de março de 1900, utilizou os termos dominante e recessivo que eram empregados pelo monge, mas não fez referência ao trabalho de Mendel. Em outro artigo mais detalhado publicado no mesmo mês, o botânico holandês citou brevemente o trabalho de Mendel e enunciou a lei de disjunção dos híbridos (FREIRE-MAIA, 1995; MAYR, 1998; STAMHUIS, MEIJER e ZEVENHUIZEN, 1999).

Logo após ler o trabalho de Hugo de Vries de 26 de março, Carl Correns²⁸ (1864-1933), botânico alemão, escreveu um artigo no qual afirmava ter chegado a relação de 3 para 1 entre as formas dos descendentes de híbridos como havia ocorrido com o botânico holandês. Correns, que se interessava pelo mecanismo da segregação dos caracteres, explicou que durante sua pesquisa bibliográfica teve acesso ao artigo de Mendel e verificou que este já havia antecipado seus resultados e as explicações para a relação encontrada. Correns afirmou que decidiu continuar seus experimentos sem publicá-los, porém, ao ler o trabalho de Hugo de Vries, resolveu escrever um artigo e anunciar que resultados de ambos haviam sido precedidos pelo monge agostiniano. Nesse artigo, intitulado *Mendel's Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde*, Correns fez referência à regra de Mendel para o comportamento dos descendentes de híbridos, e dessa maneira, atribuiu a primazia da determinação da lei da hereditariedade ao monge da Morávia.

²⁸ Correns casou-se com uma sobrinha de Nägeli e também foi seu aluno. Em 1905, Correns organizou e publicou as cartas que Mendel enviou para Nägeli no período entre 1866 e 1873 (SENTIS, 1970; MAYR, 1998; HENIG, 2001).

Les lois de Mendel concernant le comportement de la descendance des hybrides, Correns atribuiu a Mendel a determinação das leis da hereditariedade (HENIG, 2001; SAPP, 1990; SENTIS, 1970; CAVALCANTI, 1965). O botânico alemão comentou que, no entanto, já havia observado algumas exceções às leis de Mendel.

Quanto ao terceiro “redescobridor”, Erich Tschermak (1871-1962), existem discussões e dúvidas sobre sua real participação no evento da redescoberta, apesar de sua luta para ser reconhecido dessa maneira. Alguns pesquisadores (HENIG, 2001; MAYR, 1998; MONAGHAN e CORCOS, 1986; SENTIS, 1970) argumentam que o botânico austríaco nunca compreendeu o significado do trabalho de Mendel e afirmam que Tschermak teria publicado o artigo onde apresenta seus resultados e faz referência a Mendel, em julho de 1900, somente após ter lido os trabalhos de Hugo de Vries e Correns.

Quanto à postura dos redescobridores em relação ao papel que desempenharam, Henig (2001) sintetiza:

(...) aqueles que vieram depois de Mendel tiveram que aceitar o papel apostólico de redescobridores em vez de serem considerados descobridores autênticos. Foi um papel que De Vries detestou, Tschermak adorou e Correns praticamente criou, envolvido em um dilema que nada tinha a ver com Mendel e procurando uma saída honrosa tanto para si como para os competidores (HENIG, 2001).

Os “redescobridores” não foram os responsáveis pelo grande destaque dado a Mendel. Principalmente De Vries, que propôs a teoria das mutações e defendia a idéia de que a evolução ocorria em saltos, posicionou-se contra o mendelismo pois

entendia que eram teorias incompatíveis (HENIG, 2001; MAYR, 1998). Quem foi um dos maiores divulgadores e defensores de Mendel e um dos principais responsáveis pela construção do mito em torno de sua figura e de sua apresentação como pai fundador da genética foi William Bateson.

O pesquisador inglês William Bateson (1861-1926) interessava-se pelo problema da evolução e defendia que a variação descontínua era a principal responsável pelo processo evolutivo (MARTINS, 1999). Ele adotou a hibridação como método de pesquisa e interessou-se pelo trabalho de Hugo De Vries que defendia as variações bruscas e a evolução saltacional. Foi por intermédio de um artigo do botânico holandês que Bateson tomou conhecimento do trabalho de Mendel.

Após ler o artigo de Mendel, Bateson passou a ser um fervoroso defensor das idéias mendelianas. Com seus colaboradores (principalmente Sauders, Hurst, Doncaster e Punnet), Bateson publicou trabalhos e realizou conferências e palestras em que as leis de Mendel eram discutidas. Foi por iniciativa de Bateson que o artigo de Mendel foi traduzido para o inglês e publicado em 1901 (MARTINS, 2002; HENIG, 2001; SENTIS, 1970).

Bateson defendia que os estudos sobre evolução utilizassem mais procedimentos experimentais e o conhecimento do homem prático (OLBY, 1997). O principal meio que ele utilizou para introduzir, divulgar e debater as idéias mendelianas foi a Royal Horticultural Society (RHS). Essa sociedade reunia membros de várias profissões e interessava-se pelos aspectos práticos da horticultura e através de seu Comitê Científico buscava fazer a integração entre os aspectos práticos e científicos, investigando as doutrinas da evolução e da

hereditariedade (OLBY, 2002). Devido a essa ligação, Olby (2002) argumenta que repercussão do trabalho de Mendel na Inglaterra é resultado da integração entre Bateson, seus colaboradores e a comunidade dos horticultores.

Bateson e seu grupo, partidários das variações descontínuas, adotaram como modelo e fundamento para interpretação de seus experimentos o trabalho de Mendel. Na disputa contra os biometristas, defensores da idéia de que a evolução ocorria mediante variações contínuas, Bateson e seu grupo enfatizaram o brilhantismo do trabalho de Mendel, o que contribuiu para colocar o monge agostiniano em um pedestal de genialidade (HENIG, 2001, MARTINS, 2002).

Apesar de grande defensor de Mendel, Bateson e seus colaboradores fizeram modificações como introduzir a notação F_1 e F_2 para as gerações de descendentes; utilizar letras duplas para as formas puras (como AA, BB) e propor novos termos²⁹ (alelomorfos, homocigoto, heterocigoto). Bateson sempre esteve atento às exceções e desvios que encontrava em relação às leis mendelianas e, tendo observado que nem sempre ocorria o fenômeno de dominância, passou a considerá-lo como secundário. Ele dava mais ênfase ao processo de segregação independente dos caracteres (MARTINS, 2002)

A perspectiva teórica mendeliana, segundo argumenta Martins (2002), era utilizada pelos pesquisadores ingleses liderados por Bateson, mas havia o interesse em estudar as exceções para ampliar e complementar o trabalho de Mendel. Nesse sentido,

²⁹. Foi Bateson, em 1905, quem criou o termo *Genética* para designar o novo campo da Ciência dedicado ao estudo da hereditariedade e da variação (HENIG, 2001).

(...) o artigo de Mendel sobre os padrões que governam a formação de híbridos, que trata especificamente da hereditariedade, foi visto por Bateson e seus colaboradores como início e não como término, como algo que estava aberto a novas contribuições. Bateson desenvolveu um novo programa de pesquisa mendeliano não apenas no sentido de testar a aplicabilidade dos princípios encontrados por Mendel (em *Pisum*) a outros organismos, mas também ao procurar exceções, desvios e propor novas leis, testando-as nos mais variados organismos tanto animais como vegetais (MARTINS, 2002).

Olhando para a história do estabelecimento do mendelismo, a partir de uma perspectiva fleckiana, Mendel teria lançado as bases para o que viria se constituir um novo estilo de pensamento. Para existir um estilo de pensamento, porém, seria necessária a existência de um coletivo de pensamento, o que não aconteceu enquanto Mendel era vivo. Ele não conviveu com uma comunidade que concebia o problema da hereditariedade da mesma forma e que compartilhava as mesmas concepções, práticas e tradição. A partir de 1900, dezesseis anos após sua morte, e da “redescoberta” de seu trabalho, suas idéias começaram a ser discutidas por membros da comunidade científica e desse modo, Mendel finalmente conseguia seus interlocutores. Essa comunidade estudou, discutiu, reinterpretou e ampliou suas idéias em um novo contexto.

Este trabalho visa contribuir para a superação da visão empirista do conhecimento científico, utilizando um episódio da História da Ciência: o caso de Mendel. Com o auxílio da epistemologia fleckiana, busquei desfazer o mito de que Gregor Mendel estabeleceu sozinho as leis da hereditariedade a partir de seus experimentos com ervilhas, como é apresentado em muitos livros didáticos. Pelo exposto neste trabalho, é possível entender que pesquisadores como Willian

Bateson, De Vries e Correns foram muito importantes para o estabelecimento das leis da hereditariedade, e que muitos outros participaram desse processo, o que possibilita destacar mais uma vez o caráter coletivo da construção do conhecimento. O mendelismo, como conhecemos hoje, é resultado de um processo complexo que envolveu disputas entre grupos de pesquisadores, re-formulações teóricas, criação de notação específica, determinação de práticas e a formação de uma comunidade com uma linguagem própria e que teve como eixo central as discussões proporcionadas pelo artigo de Gregor Mendel.

A análise do rico e complexo processo de instauração e extensão do mendelismo, como um novo estilo de pensamento, que poderia lançar novas luzes no entendimento do processo de construção do conhecimento científico em Genética, está além do escopo deste trabalho. A análise realizada aqui buscou desmistificar a imagem de Mendel como um cientista que sozinho estabeleceu as leis da hereditariedade, utilizando para isso o referencial epistemológico de Fleck, com o intuito de destacar elementos que evidenciam o caráter coletivo do processo de construção do conhecimento científico e que permitem problematizar a concepção empirista da ciência.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A valorização da dimensão histórica e a análise epistemológica realizada a partir dos referenciais teóricos fleckianos sobre um episódio específico da História da Ciência permitiram observar que Mendel foi um homem de seu tempo, integrado em um contexto social, político, econômico, cultural e científico. Convivendo com vários coletivos de pensamento, alguns mais intimamente do que outros (mais próximo ao centro do círculo esotérico de alguns do que outros), Mendel pôde estar em contato com diferentes saberes, práticas, linguagens e tradições. Sua participação simultânea em diversos estilos de pensamento possibilitou o intercâmbio de idéias e favoreceu a maneira diferente com que ele encarou o problema da hereditariedade.

Integrado ao coletivo de pensamento formado pelos cultivadores de plantas e criadores de animais da Morávia, Mendel olhou para o problema da hereditariedade, porém, trouxe um modo particular de investigá-lo, ao trazer elementos advindos dos outros estilos de pensamento com os quais conviveu. Nessa perspectiva, a dimensão coletiva presente no processo de construção do conhecimento é ressaltada.

A epistemologia de Fleck contribuiu para a análise deste episódio da História da Ciência, ao possibilitar analisar contribuições advindas de outros coletivos além daquele ligado à comunidade científica. Neste trabalho me limitei a resgatar aspectos principalmente ligados à circulação intercoletiva e a participação dos

coletivos de pensamento a partir de relatos históricos para analisar o papel de Mendel. Com Gregor Mendel, a partir de sua interpretação original do problema da hereditariedade e da “re-interpretação” e da ampliação de seu trabalho em um novo contexto científico, foram criadas as condições que permitiram a instauração de um estilo de pensamento ligado a uma nova Ciência : a Genética.

Um trabalho interessante a ser feito e que pode contribuir para discussão da natureza da Ciência seria a investigação e análise do período inicial da Genética como disciplina científica, da formação de um coletivo de pensamento, das fases de instauração e extensão de um estilo de pensamento ligado a ela. Seria oportuno realizar uma investigação sobre as disputas entre grupos, como os biometristas e mendelistas, que ocorreram no início do século XX, para analisar o papel que as discussões e controvérsias desempenham na aceitação do mendelismo pela comunidade científica.

A análise do episódio da História da Ciência que realizei contribui para superar a concepção empirista, baseada na noção de conhecimento originado a partir de dados advindos da experiência, ao considerar que o conhecimento é construído a partir das relações estabelecidas entre o sujeito, o objeto e o estado do conhecimento e mediadas pelo estilo de pensamento. É possível perceber que outros elementos, além dos dados empíricos, interferem na aceitação de uma teoria pela comunidade científica.

Em cursos de formação (continuada e inicial) de professores de disciplinas científicas, o estudo mais aprofundado de um episódio da História da Ciência pode auxiliar na superação da concepção empirista, que, segundo a literatura consultada,

ainda prevalece na educação científica. Os cursos de formação de professores deveriam propiciar momentos em que fosse possível problematizar as concepções de Ciência dos futuros professores e também que possibilitasse o estudo sobre a natureza do conhecimento científico.

Os livros são elementos importantes na formação dos professores. Na pesquisa que realizei, os livros de Genética investigados e utilizados na formação dos professores de Biologia apresentaram visões de Ciência próximas ao empirismo indutivista, o que contribui para perpetuação dessa concepção de conhecimento científico entre os professores. A perspectiva histórica presente implicitamente nos livros é linear e cumulativa. Um dos livros analisados, *Citologia*, de Lacadena, apresenta uma visão mais próxima das concepções construtivistas, aliando a interpretação à observação, o que pode ser encarado como um avanço. Nenhum dos livros, no entanto, faz referência ao contexto social, econômico e político, o que também pode colaborar para a noção de ciência neutra, isolada de outras atividades humanas. Destaco o livro do autor nacional (Beiguelman), que fez referências a trabalhos produzidos por brasileiros. Uma outra sugestão de investigação é comparar e analisar o desenvolvimento dos livros de períodos diferentes em relação à concepção de Ciência e à postura em relação ao emprego da História da Ciência. Entendo, também, que é um desafio fazer a articulação entre conteúdo científico (conceitos e teorias) e os aspectos filosóficos e históricos. A análise dos livros indica a necessidade de produção de material de consulta acessível aos professores e que façam a conexão entre os conceitos científicos e a Filosofia e a História da Ciência.

Além do livro didático, outros elementos devem estar presentes na formação do professor e podem contribuir para viabilizar o desenvolvimento de uma postura construtivista da natureza da Ciência, como disciplinas dedicadas à Filosofia e à História da Ciência, discussões e reflexões epistemológicas em disciplinas de conteúdo específico, participação em debates, palestras e consulta de literatura sobre Epistemologia e História da Ciência.

A concepção sobre natureza da Ciência influencia a prática pedagógica do professor em sala de aula, mas, também, a postura do professor ao ensinar ciências está relacionada às suas crenças sobre o ensino, a aprendizagem e a Ciência. É um sistema de crenças construído durante a vida que não é facilmente alterado. São necessários momentos de reflexão, discussão e estudo para explicitar essas crenças, problematizá-las e se constatar a necessidade de alterá-las.

Diante das lacunas quanto à dimensão histórica dos livros (como as apontadas neste trabalho) e da necessidade de provocar os momentos de reflexão em relação à natureza da Ciência, os professores que atuam em cursos de formação de docentes, tanto os que ministram disciplinas da área pedagógica como aqueles das disciplinas científicas específicas, passam a desempenhar um papel fundamental, do qual eles devem estar conscientes.

Os professores poderiam perceber que o ensino de ciências deve contribuir para que os estudantes superem a visão de Ciência como verdade absoluta, formada de conhecimentos prontos e acabados desenvolvidos a partir de uma história linear, sem disputas e que é resultado dos experimentos realizados por cientistas geniais. Ao contrário, a educação científica deveria possibilitar o

entendimento de que o processo de construção do conhecimento científico é dinâmico, cheio de controvérsias, está inserido em um contexto e é produto de uma comunidade que compartilha linguagem e práticas próprias, e dessa maneira incentivar o questionamento e o pensamento crítico dos alunos.

O planejamento e organização dos conteúdos de Genética podem ser feitos a partir de um diálogo estabelecido com a História da Genética, considerando como ocorreu seu desenvolvimento científico, as dificuldades para o estabelecimento das leis de Mendel e o estado do conhecimento da época.

Neste trabalho, defendi a utilização da História da Ciência, mas é claro que ela não é uma panacéia, pois não é possível pensar que haja um enfoque único capaz de suprir todas as necessidades da educação científica. A perspectiva histórica é mais um recurso a disposição do professor. É importante que o professor saiba como o conhecimento foi desenvolvido ao longo da história para que possa entendê-lo melhor, decidir se quer empregar a perspectiva histórica e escolher o momento adequado para utilizá-la em seu trabalho didático.

Espero que este trabalho possa contribuir com o trabalho dos professores de Ciências auxiliando-os a refletir sobre a natureza do conhecimento científico e fornecendo elementos sobre a História da Genética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOT, P. **História das Ciências**. Lisboa: Edições 70, 2001.

ALBERTS, B. et alii. **Fundamentos da Biologia Celular**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

ALFONSO-GODFARB, A. M. **O que é história da ciência?** 1 ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. (Coleção primeiros passos).

ARAUJO, R. C. C. **Doenças: Construção e Realidade na Formação dos Médicos**. 2002. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ARRUDA, S. M. e LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, R. (org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998. p.53-60.

BARRA, V, M, e LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1959 a 1980. **Ciência e Cultura**, v. 38, n.12, dezembro, 1986.

BASTOS, F. História da Ciência e pesquisa em ensino de ciências: breves considerações. In: NARDI, R. (org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, 1998. p. 43-52.

BEIGUELMAN, B. **Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1994.

BIZZO, N.M. V. História da ciência e ensino: onde terminam paralelos possíveis. In: **Em Aberto**, Brasília, ano 11, n. 55, p. 29-35, jul/set.1992.

BLANC, M. Gregor Mendel: la légende du génie méconnu. **La Recherche**, n. 151, 1984.

BORGES, R. M. R. **Em debate: cientificidade e educação em ciências**. Porto Alegre: SE/ CECIRS, 1996.

_____. **A natureza do conhecimento científico e a educação em ciências**. 1991. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio - ciência da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999..

BROW, W. V. **Textbook of Cytogenetics**. Saint Louis: The C. V. Mosby Company, 1972.

BUGALLO RODRÍGUEZ, A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 379-385. 1995.

BURKE, P. **Uma história social do conhecimento: de Gutenberg a Diderot**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2003.

_____. **A escola dos Annales – 1929-1989: a Revolução Francesa da historiografia**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.

CANGUILHEM, G. **Ideologia e racionalidade nas ciências da vida**. Lisboa: Edições 70, 1977.

CASONATO, O. **Les obstacles dans la reserche et dans l'enseignement a la connaissance du support moleculaire de l' "information" genetique: Proposition**

d'une nouvelle methode d'enseignement des sciences de la vie. 1992. Thèse (Doctorat) –UF Didactique des disciplines, Université Paris VII. Paris.

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, p. 225-237, dez. 1988

CAVALCANTI, A.G. Mendel – Sua vida, sua obra e conseqüências de sua descoberta. **Ciência e Cultura**, vol 17, nº 4, p.427-436, 1965.

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

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação.** Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2000.

_____ Inserindo a história da ciência no fazer educação com a ciência. In _____.; OLIVEIRA, R. J. (orgs.). **Ciência, Ética e Educação.** São Leopoldo: Ed. UNISINOS,1998. p.77-93.

CHAUÍ, M. **Convite à filosofia.** São Paulo: Ática, 2000.

CICILLINI, G. A. Ensino de biologia: o livro didático e a prática pedagógica dos professores no ensino médio. **Ensino em Re-vista**, Uberlândia, v. 6, n. 1, p. 29-37, jul/jun98. 1998.

_____. A história da ciência e o ensino de biologia. **Ensino em Re-vista**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 7-17, jul/jun98. 1992.

COHEN, L; SCHNELLE, T. **Cognition e fact.** Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1986.

COUTINHO, M. O nascimento da biologia molecular: revolução, redução e diversificação - um ensaio sobre modelos teóricos para descrever mudança

científica. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.15, n. 3, p.43-82, set/dez.. 1998.

CUNHA, A. M. O.; CICILLINI, G. A. Considerações sobre o ensino de ciências para a escola fundamental. In: VEIGA, I. P.; CARDOSO, M. H. F (orgs.). **Escola Fundamental: currículo e ensino**. Campinas: Papirus, 1995.

CUTOLO, L. R. A. **Estilo de pensamento em educação médica: um estudo do currículo do curso de graduação em medicina da UFSC**. 2001. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. O currículo do curso de graduação em medicina da UFSC: análise à partir das categorias fleckianas. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Valinhos-SP, 1999. CD-Room.

DA ROS, M. A. **Estilos de pensamento em Saúde Pública: um estudo da produção da FSP/USP e ENSP/FIOCRUZ, entre 1948 - 1994**. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. Estilos de pensamento em saúde pública. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Valinhos-SP, 1999. CD-Room.

DAVIES, K. **Decifrando o genoma – a corrida para desvendar o DNA humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

DELIZOICOV, D.; CASTILHO, N; CUTULO, L. R. A.; DA ROS, M. A.; LIMA, A. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, número especial, junho de 2002, p. 52-69.

_____. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Valinhos-SP, 1999. CD-Room.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **A metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994 (Coleção magistério 2º grau. Série formação do professor).

DELIZOICOV, N. **O movimento do sangue no corpo humano: história e ensino**. Florianópolis: 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. Trajeto do sangue no corpo humano: instauração – extensão – transformação de um estilo de pensamento. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Valinhos-SP, 1999. CD-Room.

_____. **O professor de ciências naturais e o livro didático** (no ensino de programas de saúde). 1995. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DESMOND, A. e MOORE, J. **Darwin**: a vida de um evolucionista atormentado. São Paulo: Geração Editorial, 2000.

DROUIN, J. M. Mendel: para os lados do jardim. In: SERRES, M. **Elementos para uma história das ciências – vol. III - De Pasteur ao computador**. Lisboa: Terramar, 1996. p. 29-47.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO EM BIOLOGIA (2: 1986: São Paulo). **Coletânea do II Encontro Perspectivas do Ensino Em Biologia**. São Paulo: 1986.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO EM BIOLOGIA (3: 1988: São Paulo). **Coletânea do III Encontro Perspectivas do Ensino Em Biologia**. São Paulo: 1988.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO EM BIOLOGIA (4: 1991: São Paulo). **Coletânea do IV Encontro Perspectivas do Ensino Em Biologia**. São Paulo: 1991.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO EM BIOLOGIA (5: 1994: São Paulo). **Coletânea do V Encontro Perspectivas do Ensino Em Biologia**. São Paulo: 1994.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO EM BIOLOGIA (6: 1997: São Paulo). **Coletânea do VI Encontro Perspectivas do Ensino Em Biologia**. São Paulo: 1997.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO EM BIOLOGIA (7: 2000: São Paulo). **Coletânea do VII Encontro Perspectivas do Ensino Em Biologia**. São Paulo: 2000.

ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO EM BIOLOGIA (8: 2002: São Paulo). **Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino Em Biologia**. [CD-ROM], São Paulo: FEUSP/EDUSP, 2002.

ENGLEBERT-LECOMTE, V. *Document n° 1: Comment introduire de l'épistémologie dans l'enseignement des sciences: le cas de la génétique*. In: FOUREZ, G. **Les compétences terminales dans l'enseignement secondaire général relatives à la construction des savoir et celles liées à la gestion des technologies**. 2000. Rapport de Recherche. Facultes Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur.

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J. e CACHAPUZ, A. Visiones deformadas de la ciência transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FERRARI, N. A história da ciência no ensino fundamental: um exemplo de genética In: **Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia**, p. 39198. 2002. CD-ROM.

FILGUEIRAS, C. A. L. A história da ciência e o objeto de seu estudo: confrontos entre a ciência periférica, a ciência central e a ciência marginal. **Química Nova**, v. 24, n. 5, p. 709-712, 2001.

FLECK, Ludwik. **La génesis y el desarrollo de un hecho científico**. Madrid, Alianza Editorial, 1986a.

_____. The problem of epistemology [1936]. In: COHEN, L. e SCHNELLE, T. **Cognition & Fact**. Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1986b.

FOUREZ, G., **Alfabetización científica e tecnológica – acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

FRACALANZA, H. **O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de ciências no Brasil**. 1992. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____. **O conceito de ciência veiculado por atuais livros didáticos de biologia**. 1982. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FREIRE-MAIA, N. **Gregor Mendel – Vida e Obra**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995.

_____. **A ciência por dentro**. Petrópolis: Vozes, 1991.

_____. Mendel – Alguns aspectos de suas investigações. **Ciência e cultura**, v.38, n. 7, p.1108-1119,1986.

GAGLIARDI, R; GIORDAN, A. La historia da lãs ciencias: uma herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de las Ciências**, v. 4, n.3, p. 253-258. 1986.

GIORDAN, A.(direction). **Histoire de la Biologie** – Tome 2. Paris: Technique et Documentation-Lavoisier, 1987.

_____; VECCHI, G. **As origens do saber**: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GRIFFITHS, A. J. F. What does the public really need to know about genetics. **American Journal of Human Genetics**, v. 52, p. 230-232, 1993.

_____ et alii. **Introdução à Genética**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

GRINNELL, F. **A atitude científica**. Westview Press; Boulder & London, 1992.

GROS, F. **A civilização do gene**. Lisboa: Terramar, 1989.

_____. **Os segredos do gene**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1991.

GUERRA, A. et alii. A história da ciência ajuda no aprendizado de ciências? In: **Anais do VII Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**. São Paulo, 2000.

GUERRIERI, M. A. Alan Sokal: demolidor de barracas... inclusive a própria. **Episteme**, n. 12, p.113-138, jan-jun, 2001.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências** , v.4, n3, 1999. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>. Acesso em: 21/02/2003.

HARTL, D. L. ; OREL, V. What did Gregor Mendel think he discovered? **Genetics**, 131, p.245-253, 1992.

HENIG, R. M. **O monge no jardim: o gênio esquecido e redescoberto de Gregor Mendel, o pai da genética.** Rio de Janeiro: Rocco. 2001.

HESSEN, J. **Teoria del conocimiento.** 7 ed. México: Editorial Porrúa, 1994.

HUBBARD, R. **Exploding the gene mith.** Boston: Beacon Press, 1999.

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

JANNES, E., REZENDE, A. C. R. V. E VIEIRA, I. C. M. Trabalhando a hereditariedade: uma nova proposta de estudo para o ensino fundamental. In: **Coletânea do VII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia**, São Paulo, 2000. p. 763-764

JUSTINA, L. D. **Ensino de Genética e História de Conceitos Relativos a Hereditariedade.** 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____ e FERRARI, N. Bachelard: A teoria mendeliana como exemplo de ruptura – A construção do conhecimento científico na escola. **Biotemas**, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 119-135, 2000.

KASSOU, S e SOUCHON, C. Utilisation de l'Histoire des sciences dans l'enseignement scientifique. In: GIORDAN, A, MARTINAND, J-L, RAICHVARG, D (orgs). **Actes dès XIV journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et techniques.** Chamonix, 2000. p. 149-152.

KERR, W. E. Mendel Apicultor. In: FREIRE-MAIA, N. **Gregor Mendel – Vida e Obra**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. p. 44-45.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. 6. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.

LACADENA, J-R. **Citogenética**. Madrid: Complutense, 1996.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N. A história da ciência no ensino: um material de consulta para o professor. In: **Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia**, p. 39198. 2002. CD-ROM.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N; DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1,n.2, p. 97-108, maio/agosto. 2001.

LEITE, R. C. M. **Avaliação de currículo de ciências de 1ª a 4ª série do ensino fundamental em escolas públicas: o caso da 9ª região em Fortaleza**. 1998. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LEMGRUBER, M. S. Um panorama da educação em ciências. **Educação em Foco**, v. 5, n. 1, março/setembro, 2000. p. 13-28.

LIMA, A. M. C. **Estilo de Pensar no Ensino de Medicina Homeopática**. 2003. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LOGOS – Enciclopédia luso-brasileira de filosofia. Lisboa/São Paulo: Verbo,1990, v2.

LOMBARDI, O. I. La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos e contraargumentos. In: **Enseñanza de las ciencias**, v. 15, n. 3, p. 343-349. 1997.

LOPES, A. R.C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.248-273, dez. 1996.

LORENZ, K. M. Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. **Ciência e Cultura**, v.38, n.3, p. 426-435, março 1986.

LÖWY, I. Fleck e a historiografia recente da pesquisa biomédica. In: PORTOCARRERO, V. (Org.) **Filosofia, história e sociologia das ciências: abordagens contemporâneas**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1994.

MACROBERTS, M. H. L. H. Bayle's citations to Gregor Mendel. **The Journal of Heredity**, n. 75, p. 500-501, january/ february, 1984.

MARCONDES, D. **Iniciação à história da filosofia**: dos pré-socráticos a Wittgenstein. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

MARTINS, L. A-C.P. Bateson e o programa de pesquisa mendeliano. **Episteme**, n. 14, p. 27-55, jan/jun. 2002.

_____. William Bateson: da evolução à genética. **Episteme**, n. 8, p. 67-88, jan/jun. 1999.

_____. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**, n. 5, p.18-21, dez. 1998.

MARTINS, R. A. Conversando com Roberto de Andrade Martins. **Episteme**, Porto Alegre, n.11, p. 7-20, jul/dez, 2000a. Entrevista.

_____. Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme**, Porto Alegre, n.10, p. 39-56, jan/jun, 2000b.

_____. Abordagens, métodos e historiografia na história da ciência. In: MARTINS, A. M. (ed.). **O tempo e o cotidiano na história**. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação (série idéias 18), 1993. p. 73-78.

MATTHEWS, M. R. In defense of modest goals when teaching about the nature of science. **Journal of Reserch in Science Teaching**, v. 35, n. 2, p. 161-174, 1998.

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

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.

MENDEL, G. Experimentos sobre hibridação de plantas [1885]. In: FREIRE-MAIA, N. **Gregor Mendel – Vida e Obra**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. p.53-96.

MERTENS, T. R. The birthplace of genéticas: a historical note. **The Journal of Heredity**, n. 76, p. 67-68, january/ february, 1985.

MILLER, J., Alfabetização Científica: uma revisão conceitual e empírica. **Daedalus**, v. 112, n 2, p. 29-47. 1983.

MONAGHAN, F.; CORCOS, A. Tschermak: a non-discover of Mendelism. *The Journal of Heredity*, v. 77, p. 468-469, 1986.

MOORE, J. A. Science as a way of knowing – Genetics. **Symposium on Science as a Way of Knowing III**– Genetics. Annual Meeting of the American Society of Zoologists, Baltimore, p. 583-747, 1985.

MOSS, D. M.; ABRAMS, E. D.; ROBB, J. Examining students conceptions of the nature of science. **International Journal of Science Education**, v.23, n.8, p.771-790, 2001.

MURCIA, K.; SCHIBECI, R. Primary student teachers' conceptions of the nature of science. **Internacional Journal of Science Education**, v.21, n. 11, p. 1123-1140, 1999.

OLBY, R. C. Mendelism: from hybrids and trade to a science. In: LORENZANO, P. ; MOLINA, F. T.(eds). **Filosofía e História de la Ciencia en el cono sur**. Quilmes: Universidade Nacional de Quilmes Ediciones, 2002.

_____. **Mendel, Mendelism and Genetics**. MendelWeb, 1997. Available <http://www.stg.brown.edu/webs/MendelWeb/Mwolby.html> (01/10/2000)

OREL, V.; WOOD, R. J. Empirical genetics laws published in Brno before Mendel was born. **The Journal of Heredity**, v.89, n. 1, p. 79-82, 1998.

OREL, V. Heredity before Mendel. In: _____. **Gregor Mendel: The first geneticist**. Oxford University Press, 1996. Available <http://www.stg.brown.edu/webs/MendelWeb/MWorel.html> (11/12/2000)

_____.The scientific milieu in Brno during the era of Mendel's research. **The Journal of Heredity**, v. 64, n. 6, p. 314-318, november-december, 1973.

PALÁCIOS, M. O programa forte da sociologia do conhecimento e o princípio da causalidade. In: PORTOCARRERO, V. (org.) **Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1994.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS: CIÊNCIAS NATURAIS. Secretaria de Educação Fundamental. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia**. Florianópolis: EDUFSC, 2001. p. 151-170.

PEREIRA, L. V. **Seqüenciaram o genoma humano... e agora?** São Paulo: Moderna, 2001.

PFEUTZENREITER, M. R. **O ensino da medicina veterinária preventiva e saúde pública nos cursos de Medicina Veterinária**. 2003. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. A epistemologia de Ludwik Fleck como referencial para a pesquisa no ensino na área de saúde. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 2, p.147-159, 2002.

PILGRIN, I. The too-good-to-be-true paradox and Gregor Mendel. **The Journal of Heredity**, v. 75, p. 505-502, november/ december, 1984.

POSTMAN, N. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

REGNER, A. C. K. P. Feyerabend e o pluralismo metodológico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p. 231-247, dez. 1996.

RESNIK, T. O desenvolvimento do conceito de gene e sua apropriação nos livros didáticos de biologia. In: **Coletânea do VI Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia**, São Paulo. 1997. p. 105-109.

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 (número especial), p. 7-22, jun. 1988.

ROQUE, N. Programa nacional do livro didático: participação e prováveis implicações no ensino de ciências. In: **Coletânea do IV Encontro de Biologia da UEFS**, Feira de Santana, 2002.

ROSE, M. **O espectro de Darwin - a teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2000.

RUDOLPH, J. L.; STEWART, J. Evolution and the nature of science: on the historical discord and its implications for education. **Journal of Reserch in Science Teaching**, v. 35, n. 10, p. 1069-1089, 1998.

SALZANO, F. M. Genética, ambiente e problemas sociais. In: SACCHET, A. M. O F (org.). **Genética para que te quero?** Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: 1999. p. 75-81.

SANDLER, I; SANDLER, L. On the origin of Mendelian genetics. **Symposium on Science as a Way os Knowing – Genetics**. Annual Meeting of the American Society of Zoologists, Baltimore, p. 753-768. 1985.

SAPP, J. The nine lives of Gregor Mendel. **Experimental Inquires**, p 137-166, 1990.

SCHÄFER, L.; SCHNELLE, T. Introducción - Los fundamentos de la vision sociologica de Ludwik Fleck de la teoria de la ciencia. In: **FLECK, L. La génesis y el desarrollo de um hecho científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

SCHEID, N. M. J.. Os conceitos de genética e as implicações na docência. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências) – Departamento de Pedagogia, UNIJUÍ, Ijuí.

SCHNELLE, T. Ludwik Fleck and the philosophy of Lwów. In: COHEN, L. e SCHNELLE, T. **Cognition & Fact**. Dordrecht: Reidel Publisching Company, 1986.

SENTIS, P. La naissance de la génétique au début du XX^e siècle. **Cahiers d'Etudes Biologiques**, n. 18-19, Deuxieme Partie, p. 1-85, 1970.

SILVEIRA, F. L. da. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.197-218. dez. 1996a.

_____. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.219-230. dez. 1996b.

SIMMONS, J. C. **Os 100 maiores cientistas da história**: uma classificação dos cientistas mais influentes do passado e do presente. Rio de Janeiro: DIFEL, 2002.

SINGER, C. **Historia de la biologia**. Buenos Aires: ESPASA- Calpe, 1947.

SLONGO, I. I. P. **A produção acadêmica em ensino de biologia: um estudo a partir de teses e dissertações**. 2003. Relatório de Qualificação (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____. **História da Ciência e ensino: contribuição para a formação do professor de biologia**. 1996. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SMOCOVITIS, V. B. Where are we? Some closing thoughts on the history of science and technology at the end of the millennium. **Episteme**, Porto Alegre, n. 10, p.91-107, jan./jun. 2000.

STAMHUIS, I. H. ;MEIJER, O. G. and ZEVENHUIZEN, E. J. A. Hugo de Vries on heredity, 1889-1903 – Statistics, mendelian laws, pangeneses, mutations. **Isis**, v. 90, n. 2, p. 238-267, june 1999.

TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N. e FREIRE JR., O. Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. **Revista Brasileira da Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 111-123, 2001.

TRENN, T. J. ; MERTON R. K. (ed.) Descriptive analysis. In: FLECK, L. **Genesis and development of a scientific fact**. Chicago: University of Chicago, 1981.

TRIVELATO, S. L. F. **Ensino de genética**: um novo ponto de vista. São Paulo: Faculdade de Educação, 1988 (Série Textos Pesquisa para o Ensino de Ciências).

TSAI, C-C. Nested epistemologies: science teachers'beliefs of teaching, learning and science. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 8, p. 771-783, 2002.

WILKIE, T. **Projeto Genoma Humano**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

WOOD-ROBINSON, C., LEWIS, J.; DRIVER, R. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. In: **Enseñanza de las ciencias**, v. 16, n. 1, p. 43-61. 1998.

WORTMANN, M. L.; TEIXEIRA, C. M.; VEIGA NETO, A. J. Livros-textos: uma análise preliminar. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 65-70, jan/jun. 1987.

ANEXOS