

## **A PROPOSIÇÃO DO MODELO DE DNA: UM EXEMPLO DE COMO A HISTÓRIA DA CIÊNCIA PODE CONTRIBUIR PARA O ENSINO DE GENÉTICA.**

**Neusa Maria John Scheid**

PPGECT/CFM/UFSC e URI-Santo Ângelo

scheid@via-rs.net

**Demétrio Delizoicov**

PPGECT/MEN/UFSC

**Nadir Ferrari**

PPGECT/NUEG/BEG/UFSC

ccb1naf@ccb.ufsc.br

### **Resumo**

Pesquisas em ensino de genética têm mostrado resultados preocupantes no que diz respeito à compreensão, por parte dos alunos, dos conceitos básicos necessários para a formação de opinião e tomada de decisão a respeito de questões atuais como projetos genoma, clonagem, organismos geneticamente modificados, etc. A história da ciência pode contribuir para o processo ensino-aprendizagem de genética. Explora-se um exemplo utilizando a concepção epistemológica de Ludwik Fleck na interpretação de relatos sobre a evolução do conhecimento científico que culminou na proposição do modelo de dupla-hélice para a molécula de DNA e sua aceitação pela comunidade científica.

Palavras-chave: Ensino-Aprendizagem de Genética; História da Ciência; Fleck.

### **Introdução**

A cada dia nos chegamos, através da mídia, notícias de novos conhecimentos científicos que abrem caminhos inesperados à experimentação. Muitos desses conhecimentos permitem ao homem modificar, de forma definitiva, o patrimônio hereditário de todos os seres vivos, inclusive o seu próprio. Todo esse potencial cria um misto de euforia e medo, pois, agora, o homem tem o instrumental para realizar seus sonhos de produzir seres perfeitos ou, então, garantir maior expectativa e qualidade de vida, trazendo embutida a possibilidade de a medicina e a engenharia genética praticarem uma seleção eugênica com todas as consequências éticas que isso poderá ter. Na sociedade atual, esse avanço das tecnologias genéticas provoca diferentes comportamentos e reações nas pessoas quanto a vantagens, desvantagens e futuras aplicações.

Estas questões afetam a escola, especialmente os professores de biologia, envolvidos na tarefa de ensinar a seus alunos conteúdos referentes às novas abordagens em genética tais como tecnologia do DNA recombinante, clonagem e transgênese, além de aspectos éticos envolvidos. Pesquisas com o objetivo de verificar quais conhecimentos e qual compreensão têm os jovens sobre a genética no final dos anos de escolaridade obrigatória, e como eles percebem as questões que têm sido suscitadas pela aplicação das novas tecnologias genéticas em diversos contextos, têm sido realizadas (Bugallo Rodriguez, 1995; Wood, Lewis, Leach & Driver, 1998; Lewis & Wood-Robinson, 2000). Os resultados dessas pesquisas são preocupantes, pois revelam que nem mesmo os conceitos básicos de genética, como a relação

gene/cromossomo e a finalidade dos processos de mitose e de meiose, são compreendidos pelos estudantes no final dos anos de escolaridade obrigatória.

Da mesma forma, as pesquisas que buscam identificar as dificuldades encontradas pelos professores, tanto no início de seu trabalho docente, durante a formação inicial, quanto no decorrer de sua carreira docente, apontam como problemáticas as questões relacionadas com o ensino da genética e suas tecnologias.(Justina, Ferrari & Rosa, 2000; Scheid, 2001). Se os estudantes sabem pouco sobre os conceitos básicos da genética, é ilusório esperar um razoável nível de compreensão das tecnologias genéticas. E, se cabe ao professor proporcionar aos alunos a informação adequada acerca dos contextos concretos em que estas tecnologias se podem aplicar, que implicações esses resultados podem trazer para os currículos escolares e para o ensino?

Estas constatações conduzem a uma reflexão sobre o processo de formação dos professores de biologia. Nas escolas, o maior problema encontrado no ensino de conteúdos biológicos, especialmente os referentes à genética, talvez esteja na idéia/visão de ciência que se transmite aos alunos. Passa-se uma idéia/visão de que a produção científica é a verdade, não sendo, por isso, questionável e nem podendo ser posta em dúvida. Na Universidade, certamente, não deixamos de passar essa idéia/visão, e aí pode estar uma das razões para as dificuldades detectadas. A concepção positivista de ciência, ainda muito presente, impõe uma racionalidade técnica que faz com que, muitas vezes, nos sintamos responsáveis pela detenção das verdades descobertas, que deveremos transmitir aos nossos alunos, como algo pronto, acabado e inquestionável.

Borges (1991) realizou uma pesquisa para investigar as relações entre a natureza do conhecimento científico e a educação em Ciências, focalizando, especialmente, a formação de professores, envolvendo cursos de licenciatura em Ciências, Química, Física e Biologia no estado do Rio Grande do Sul. Corroborando trabalhos anteriores, constatou que entre os formandos predominava a concepção empirista-indutivista e propôs alternativas para debater questões relacionadas a essa concepção e à educação em ciência nos cursos de licenciatura e entre professores em serviço.

A consequência dessa forma de conceber a ciência traz significativas implicações para o ensino-aprendizagem das disciplinas da área de biologia, pois de acordo com Wortmann (1994)

*A “nova Biologia” surgida a partir da década de cinqüenta é uma ciência cujo objeto de estudo possui uma grande sutileza estrutural e funcional. Seu objeto é obtido por uma cascata de renúncias a traços que eram considerados característicos ao ser vivo: a renúncia à sexualidade pela reprodução e à integridade do indivíduo celular pelo exercício das suas funções de degradação enzimática. Além disso, o estudo da vida passou a ser desenvolvido de modo cada vez mais próximo da não-vida e do estado máximo de privação de seus atributos tradicionais. Este direcionamento conduziu à transformação da escala do objeto de estudo e à modificação da forma de “fazer as perguntas” nas Ciências Biológicas. (Wortmann, 1994, p.77-78)*

Nas ciências biológicas, a genética é uma área que tem, cada vez mais, modificado a escala do seu objeto de estudo (Wortmann, 1994), sendo necessário utilizar preparações laboratoriais para tentar compreender, nos organismos, aspectos que anteriormente eram buscados na natureza, tal como esta se apresentava. A partir disso, o conhecimento da vida passou a depender do conhecimento de outros recursos, como os aparelhos de detecção com alto poder de resolução, o uso de modelos, entre outros, permitindo que se afirme, a exemplo

de Wortmann (1994), que “já não há *Biologia sem calculadora e maquinaria*”. Essas modificações trazem implicações sobre o processo ensino-aprendizagem desses conteúdos, pois a maioria dos profissionais que atualmente estão à frente no processo de formação de novos professores, bem como aqueles que atuam nas escolas de educação básica, formaram-se com ênfase na ciência experimental, através de programas como o Programa de Treinamento para Professores de Ciências do Estado do Rio Grande do Sul (PROCIRS), que centrava suas atividades nas técnicas de redescoberta. Embora esse programa tenha trazido significativas contribuições para a formação continuada de professores nas décadas de 80 e 90, houve alguns problemas na forma como os professores compreenderam essas técnicas. Na maioria das vezes, elas induziram uma crença de que a aula prática (experimental), por si só, iria produzir mudanças radicais na aprendizagem e permitir a apropriação de conhecimento, sem considerar que a abstração também desempenha um papel importante no processo.

A importância dada à experimentação vem da década de 70, quando se adotaram, aqui no Brasil, projetos norte-americanos que traziam em seu bojo a idéia de que a experimentação estaria na origem da elaboração do conhecimento científico (Krasilchik, 1996; Oliveira, 2000). Sobre a importância dada a experimentação, Oliveira diz:

*Todavia, é tanto possível dar péssimas aulas utilizando laboratórios e equipamentos sofisticados, quanto dar boas aulas, tendo como recursos a palavra, o quadro-negro e o giz. A questão central não é, portanto, metodológica, mas envolve muitos fatores, entre os quais o enfoque desenvolvido em sala-de-aula e a própria visão de ciência de quem ensina. (Oliveira, 2000, p. 120)*

Portanto, é importante a concepção de cada professor quanto à natureza do conhecimento científico, incluindo o papel que atribui às aulas experimentais e à abstração na apropriação do conhecimento pelo aluno. Para que isso possa ser aprofundado, o espaço adequado para que ocorra a reflexão sobre o tema poderá ser conquistado através da reformulação dos currículos dos cursos de formação inicial, ou seja, os cursos de licenciatura nas Universidades.

## **1 A contribuição da história da ciência no ensino de genética**

Diante desse panorama, relacionado ao ensino de ciências e biologia, particularmente o de genética, nos tempos atuais, busca-se uma alternativa que atenda às exigências surgidas em função da complexidade do objeto de estudo nessa área. As discussões entre pesquisadores sobre o papel da história e da filosofia da ciência no ensino de ciências têm originado um número significativo de artigos em publicações especializadas em ensino de ciências, bem como em congressos e encontros afins. De acordo com Solbes e Traver (1996) essas investigações tiveram início na Universidade de Havard, destacando-se a publicação do “*The Project Physics Course (1970)*”, destinado a alunos de ciências na faixa etária de 16-18 anos e que contempla essa abordagem. Castilho-Delizoicov (2002), em sua tese de doutoramento, faz uma revisão de vários autores que abordam o tema da inclusão da história e filosofia da ciência no ensino de ciências, afirmando que “*embora não haja um consenso sobre a validade desta inserção, encontra-se um número significativo de posições favoráveis à sua inclusão no currículo*”. Entre os autores citados por Castilho-Delizoicov (2002) encontra-se Ludwik Fleck cuja obra “*ênfatisa que a ciência moderna não pode ser entendida*

*sem que se recorra ao estudo de seu desenvolvimento, uma vez que ela é produto de saberes remotos que foram se transformando e se desenvolvendo ao longo do tempo”.*

Dessa forma, a inclusão da história da ciência, entendida de forma mais ampla, como a história da construção do conhecimento, poderá ser uma facilitadora para proporcionar uma educação científica adequada, tendo como pressuposto primordial priorizar o aspecto dinâmico do saber científico, conscientizando os alunos de que a ciência é um processo inesgotável de conhecimento. Conforme Bachelard (1996), fazer história da ciência é iluminar o passado pela luz do presente, pois só assim é possível ressaltar com clareza as tramas e os obstáculos que foram sendo superados até se chegar à ciência da atualidade. Portanto, incluir a história da ciência no ensino de biologia, especificamente no de genética, não é apenas registrar os fatos ocorridos, ou fazer uma simples crônica dos conhecimentos científicos, cuja pretensão se restrinja a descrever nomes, datas e resultados. É sim, fazer uma história essencialmente crítica, utilizando-se de juízos de valor na reconstrução da linha de desenvolvimento do saber científico.

A partir de uma análise epistemológica da proposição do modelo da estrutura do DNA baseada em algumas categorias da teoria do conhecimento de Ludwik Fleck, pretendemos explicitar aspectos da produção e evolução do conhecimento científico. Este autor, relativamente pouco conhecido pela comunidade de pesquisadores em ensino de ciências, recorreu à sociologia do conhecimento para elaborar a sua análise epistemológica, afirmando a necessidade de se considerar os condicionamentos sociais, culturais e históricos da produção científica (Castilho-Delizoicov e Delizoicov, 1999). Fazendo considerações sobre a forma de pensar na ciência médica, Ludwik Fleck (1896-1961) introduz os conceitos de estilo de pensamento, e coletivo de pensamento:

*Para Fleck, a ato de conhecer é uma atividade que está ligada aos condicionantes sociais e culturais do sujeito pertencente a um coletivo de pensamento, que pode ser entendido como uma comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas. Cada coletivo de pensamento possui uma maneira própria de ver o objeto do conhecimento e de relacionar-se com ele, que é determinada pelo seu estilo de pensamento. (Leite et al, 2001, p.98)*

As idéias de Fleck representam uma inovação pelo fato de estarem voltadas à medicina (Schäfer & Schnelle, 1986) , área mais afim à biologia do que a física, e pela revelação do caráter interdisciplinar e coletivo do conhecimento. Se compararmos a complexidade da pesquisa no ensino de ciências com a complexidade da ciência médica, então as categorias epistemológicas de Fleck poderão suscitar, igualmente, importantes reflexões na área da educação científica.

## **2 A epistemologia de Ludwik Fleck na compreensão de um fato científico: o modelo de dupla hélice do DNA**

A **Genética** é uma Ciência que estuda os mecanismos que garantem a herdabilidade biológica, isto é, a manutenção das características fenotípicas básicas de cada espécie de seres vivos ao longo das gerações, bem como busca elucidar as causas da variabilidade entre as espécies, ou aquelas surgidas entre os descendentes de uma espécie de uma geração a outra. Através do estudo do gene, caracterizando-o quanto à estrutura, ao funcionamento (expressão)

e à transmissão, a genética busca entender esse mecanismo. O **Gene** já foi definido como sendo um trecho funcional de uma molécula helicoidal chamada ácido desoxirribonucleico, abreviadamente **DNA**, que é passado de uma geração para a seguinte e determina as características exclusivas de cada espécie (Griffiths et al., 1998). Atualmente, conforme afirma Keller (2002)

*As evidências acumuladas nas últimas décadas nos obrigam a pensar no gene como (pelo menos) dois tipos muito diferentes de entidades: um, uma unidade estrutural – mantida pela maquinaria da célula, de tal forma que possa ser fidedignamente transmitida de geração a geração; o outro, uma unidade funcional, que emerge somente da interação dinâmica entre um grande número de participantes, dos quais somente um é o gene estrutural do qual seqüências originais de proteína são derivadas. (KELLER, 2002, p.84*

Portanto, todas as vezes que há uma replicação celular, tanto pelo processo de mitose para a reprodução de células somáticas, quanto na meiose para a produção de gametas, teremos presente a expressão ou não do gene, pois segundo Keller (2002) “*a função do gene estrutural depende não somente de sua seqüência, mas também do seu contexto genético, da estrutura do cromossoma(sic) no qual ele está inserido (e que é ela própria sujeita à regulação desenvolvimental), e de seu contexto citoplasmático e nuclear – desenvolvimento específico*”. A informação biológica transportada por alguns genes está dividida em unidades distintas, separadas por segmentos intermediários de DNA. Aquelas seções que contêm informação biológica são chamadas *éxons*, e as seqüências intermediárias são chamadas *íntrons*. A expressão gênica, isto é, o processo pelo qual a informação biológica contida no gene se torna disponível à célula, ocorre através dos estágios de transcrição, de tradução e de síntese de polipeptídeos. A transcrição ocorre quando o filamento molde do gene (DNA) orienta a síntese de uma molécula de RNA (Ácido Ribonucleico). A síntese de polipeptídeos é a etapa final da expressão gênica. Os polipeptídeos que apresentam diferentes seqüências de aminoácidos podem ter propriedades químicas diferentes, podendo, conseqüentemente, desempenhar papéis diferentes na célula. (Brown, 1999).

O modelo de estrutura de dupla hélice, atualmente existente para descrever a molécula de DNA, é atribuído a James Watson e Francis Crick, por sua publicação na Revista Nature de 25 de abril de 1953. De acordo com Brown (1999), a proposição deste modelo foi um dos grandes triunfos da dedução na história da ciência.

Entretanto, evidências do DNA como material responsável pela informação genética surgiram muito antes. Em meados dos anos 1880, já se falava no núcleo como sede da hereditariedade e que a cromatina (ou cromossomos) constituía o material genético. Friedrich Miescher, fisiólogo e químico orgânico suíço, em 1869, havia demonstrado que a cromatina não era proteína. Trabalhando com células purulentas, Miescher utilizou uma metodologia de trabalho tão criativa nos procedimentos de purificação e extração, que lhe poderia ter sido atribuído o mérito de ser o primeiro a identificar o DNA. A síntese de seu trabalho com DNA – chamado por ele de nucleína, foi publicada em 1871. Ele, porém, nunca encarou a nucleína como portadora de informação genética, e seu trabalho foi pouco relevante no meio científico da época, que acreditava apenas nas proteínas como moléculas que tivessem a necessária complexidade estrutural para desenvolver as inúmeras características genéticas alternativas (Hausmann,1997). A partir da perspectiva histórico-epistemológica de Fleck, poderíamos considerar que o estilo de pensamento que predominava na comunidade científica até então

era de que o material genético só poderia estar numa molécula de grande complexidade, e pelos conhecimentos da época, as proteínas eram consideradas mais complexas estruturalmente que o DNA. Foi esse estilo de pensamento, dominante na época, que imprimiu na personalidade dos cientistas o método e o estilo para as soluções dos problemas e, neste exemplo, pode ter sido o responsável pela desmotivação dos pesquisadores para buscar entender como o DNA poderia ser a molécula portadora dos genes.

Para Fleck (1986), quando a teoria dominante ou estilo de pensamento está devidamente instaurado, passa por um período clássico constituindo a `harmonia das ilusões' e, nesta fase, só se observam fatos que se encaixam perfeitamente na teoria dominante. Isso pode explicar o que afirma Mayr (1998), "*conquanto muito se tenha aprendido sobre a composição química do DNA, durante as primeiras décadas do século, poucos progressos foram feitos na compreensão da molécula como um todo e da sua atuação biológica*".

Quando se ampliou o conhecimento sobre a composição química do DNA, entre os anos de 1930 e 1940, surgiu uma complicação. Caspersson e outros demonstraram que a molécula de DNA era muito maior do que se havia imaginado, sendo, inclusive, além de maior, mais complexa que as moléculas de proteína, abrindo caminho para o reconhecimento do DNA como responsável pela informação genética. No entanto, evidências de que o DNA era responsável pela transmissão hereditária ocorreram em 1944, com as pesquisas realizadas por diversos cientistas, entre eles: Griffith, Avery, MacLeod e McCarthy.

Chargaff, entre 1945 e 1950, demonstrou que as proporções de bases no DNA são constantes, contribuindo para o entendimento da estrutura do DNA. O trabalho realizado por Watson e Crick foi importante por demonstrar a exata estrutura que a molécula de DNA assume em uma célula viva. Para chegar a isso, de acordo com Brown (1999), eles "*usaram a modelagem – eles literalmente construíram um modelo em escala do que acreditavam ser a molécula de DNA, baseados em todo tipo de informação disponível à época*". Roberts (1993) comenta que Watson e Crick planejavam usar modelos das unidades componentes feitos na loja de máquinas do Laboratório Cavendish da Universidade de Cambridge, e colocar as peças do modelo juntas, de modo a satisfazer as especificações obtidas pelas fotos de raios X dos cristais de DNA. Enquanto esperavam que operadores fizessem os modelos de metal, Watson e Crick se ocupavam com desenhos das bases e com modelos de papelão.

Para ter sucesso, o modelo teve que obedecer às leis da química e considerar os resultados de duas outras investigações sobre a estrutura do DNA, uma realizada por Chargaff, em Nova Iorque, e outra por Rosalind Franklin e Maurice Wilkins, em Londres. A primeira investigação estabeleceu as proporções de bases na composição da molécula, abrindo caminho para a estrutura atualmente aceita. A segunda, proporcionada pelo padrão de difração de raios X, obtido quando uma fibra de DNA cristalizado é bombardeada com raios X, permitiu inferir que o DNA é uma molécula helicoidal. Linus Pauling, que elaborou o modelo da estrutura hélice-@ das proteínas (um alinhamento linear dextrógiro helicoidal ou espiral dos átomos das moléculas gigantes), serviu de referência para o trabalho de Watson e Crick. Com a proposição do modelo de dupla-hélice, a genética da transmissão estava encerrada, e o círculo de saber esotérico, definido por Fleck (1986) como formado pelos produtores do conhecimento, começou a trabalhar, tendo, como orientação, essa estrutura da molécula de DNA, conforme o modelo proposto por Watson e Crick. Porém não se pode esquecer que a proposição do modelo de estrutura da molécula do DNA só foi possível a partir do conhecimento de sua composição química e do conhecimento da estrutura de moléculas como as proteínas que serviram como referenciais. Houve uma circulação intercoletiva de idéias que

proporcionou as condições para que isso ocorresse. Da Ros (2000) chama a atenção para a importância que Fleck atribui à relação entre os círculos de saber (esotérico e exotérico). O círculo exotérico é entendido como sendo constituído pelos indivíduos que, de uma ou outra forma, consomem o conhecimento produzido num círculo esotérico. Fleck (1986, p.154) afirma que *“a complexa estrutura da sociedade moderna leva consigo que os coletivos de pensamento se interseccionem e inter-relacionem de formas diversas, tanto temporal quanto espacialmente. (...) Quanto mais especializado, quanto mais restrita em seu conteúdo é uma comunidade de pensamento, mais forte é o vínculo de pensamento entre seus membros”*.

No exemplo analisado, pode-se afirmar que a circulação inter coletiva de idéias (entre círculos esotéricos) foi fundamental para que se chegasse ao estabelecimento de um modelo de estrutura do DNA. Pois Linus Pauling, que era químico, pertencente a outro círculo de saber, contribuiu com Watson e Crick, fornecendo como referência o modelo de estrutura das proteínas. Da mesma forma, Watson e Crick que, quanto à origem de sua formação, o primeiro em biologia e o segundo em física, pertenciam a círculos diferentes, ao aliarem seus conhecimentos, foram capazes de construir um conhecimento. Esta construção, todavia não teria sido possível se não houvesse a circulação dos saberes de Wilkins e Franklin, ambos físicos, com seus experimentos de cristalografia, para os círculos de Watson e Crick. Esse fato científico, no entanto, não foi acidental. Segundo Roberts (1993), Watson, que era biólogo, e Crick, que era físico, decidiram aliar seus recursos interdisciplinares com o objetivo claro de ganhar o Prêmio Nobel solucionando o mistério do DNA, o que se concretizou em 1962. Embora quando se pensa na elucidação da estrutura de dupla hélice da molécula do DNA venham à mente dois nomes: James Watson e Francis Crick, Maurice Wilkins também foi agraciado com o Prêmio Nobel numa demonstração do reconhecimento da comunidade científica ao trabalho coletivo realizado. No entanto, Rosalind Franklin não foi agraciada com o mesmo, não obstante sua participação tenha sido igualmente decisiva no caso. Ela faleceu em 1958 e este prêmio só é concedido a pessoas vivas.

Esta narrativa corrobora o que Fleck (1986, p.141) expressa em sua obra, quando afirma que o fato científico é resultado de um contexto histórico mediado por um estilo de pensamento como fruto do trabalho de um coletivo. Segundo o autor, o conhecer é uma atividade condicionada socialmente, sendo muito difícil considerar à parte as contribuições individuais. A atividade científica tem um caráter social, e a forma como pensamos ou vemos está condicionada pelo coletivo de pensamento ao qual pertencemos e que se encontra inserido em um quadro histórico, determinado pelo estilo de pensamento. Poderíamos dizer que ao propor um modelo para a estrutura da molécula de DNA, este coletivo de pesquisadores inaugurou um estilo de pensamento que é, até hoje, o norteador da pesquisa em biologia molecular. Com esse estilo de compreensão do ser vivo, que atingiu sua apoteose no Projeto Genoma Humano, abriu-se a possibilidade de modificá-lo através da engenharia genética.

### **3 Considerações finais**

A utilização da história da ciência no ensino de genética deverá levar o aluno a se conscientizar de que a Ciência não se constitui em algo dado e acabado, natural, mas sim uma construção sócio-histórico-cultural. Descrever a sucessão de tentativas, de impasses e de retomadas que marcam a linha de desenvolvimento da ciência, até que determinado conhecimento se imponha como verdade, mesmo que provisoriamente, mostra ao aluno que a

ciência é dinamismo, é trabalho, e que suas verdades, na medida em que são construídas sócio-histórico-culturalmente, poderão vir a ser modificadas numa época futura. Fleck (1986) argumenta que para a história da gênese e desenvolvimento de um fato científico não existem erros absolutos, bem como não existem verdades absolutas, pois não podemos nos liberar de um passado que segue vivo em conceitos herdados, nas formas de conceber os problemas, nos programas de ensino formal, na vida diária, na linguagem e nas instituições. Sendo assim, qualquer fato científico deve ser entendido como um resultado do desenvolvimento e da confluência de algumas linhas coletivas de pensamento não sendo possível, de maneira alguma, cortar os laços com a história.

Por outro lado, a história da ciência poderá auxiliar o aluno a entender aqueles conceitos fundamentais da disciplina, utilizando os modelos existentes, entendendo que foi, também, a partir de dados experimentais que esses modelos foram construídos. Chassot (2000) afirma que “*ao buscarmos entender a realidade do mundo em que vivemos, usando uma linguagem chamada ciência, temos que recordar, sempre, que tratamos de realidades com as quais temos dificuldades de interagir, e, por isso, precisamos imaginar (fazer imagens) ou fazer modelos*” (p.264). Ainda, segundo o autor, a necessidade de se usar modelos decorre de duas limitações: 1) Os modelos se destinam a descrições de situações com as quais dificilmente interagiremos, e das quais conhecemos apenas os efeitos; 2) os modelos são simplificações de situações muito diversificadas, para as quais haveria necessidade de milhares de descrições diferentes.

No processo ensino-aprendizagem em ciências biológicas, a utilização de aulas experimentais fica facilitada em muitos assuntos pela existência de materiais práticos disponíveis na natureza, em outros, é necessário utilizar modelos, como no exemplo da estrutura da molécula de DNA. Particularmente na genética, a utilização de modelos, como no exemplo da estrutura do DNA, é relevante para a compreensão do mecanismo de transmissão genética. Embora ele tenha sido proposto com decisivas contribuições de dados empíricos, é importante que se tenham presentes outros fatores que precisam ser considerados na construção de modelos, e que encontram na epistemologia de Ludwik Fleck uma importante contribuição. Fleck (1986, p.56) sugere que o pensamento é formado a partir de uma rede intrincada de idéias estruturadas sistematicamente. Estas conexões de idéias ricas em detalhes garantiriam a homogeneidade de opiniões. Dentro dessas conexões, o autor considera que haveria aquelas que possuem uma explicação histórica cultural, isto é, seriam as informações que o sujeito acrescenta ao objeto, chamadas de conexões ou relações **ativas**. Contrariamente, aquelas informações que se originam do objeto e percebidas pelo sujeito são denominadas **passivas**. O conhecimento dessas relações possibilita a compreensão do uso de modelos no ensino, pois: 1) quanto mais se distancia do pensamento comum, mais se acentuam as conexões ativas, e em seguida as passivas, isto é, o objeto se revela mais para o sujeito; 2) as diferenças de opinião em um coletivo de pensamento são tanto menores quanto mais diferenciado for o sistema de conexões ativas e passivas, isto é, quanto mais se consegue diferenciar o que vem do objeto e o que o sujeito atribui ao objeto. Bombassaro destacando esta compreensão de Fleck, afirma: “*a descrição de um fato científico depende não somente do comportamento do cientista, mas também do modo como eles compreendem a relação entre teoria e prática*” (Bombassaro, 1995, p.21).

A recomendação de que se deve introduzir o estudo sobre a história e filosofia da ciência nos cursos de formação de professores poderá contribuir para que o processo ensino-aprendizagem aconteça tendo presente que, como lemos em Fleck (1986, p.141), “*um fato não pode ser compreendido fora do contexto da história do pensamento e resulta de um estilo*

*de pensamento determinado*”. Essa história não deverá ocorrer de forma desconectada de outros estudos, portanto, não poderá ser a história da biologia, a história da química, a história da física...de modo fragmentado. Também não se recomenda que seja uma disciplina específica, mas que o estudo de história e filosofia da ciência perpassasse todas as disciplinas, isto é, seja feito de modo integrado pelos professores do curso.

Finalmente, a utilização da epistemologia de Fleck para entender a história da biologia, desde as primeiras evidências da molécula de DNA como material responsável pela informação genética, no início do século XX, até a proposição do modelo de dupla-hélice, em 1953, permite a exploração de uma visão mais adequada da produção e evolução do conhecimento científico e poderá contribuir, significativamente, para a melhoria do processo de formação inicial de professores. Se considerarmos, a exemplo de sua epistemologia, que uma das etapas do desenvolvimento do coletivo de pensamento é o ver formativo direto e desenvolvido (Fleck, 1986, p.138), não se pode esquecer, como afirmam Leite et al, que

*O estilo de pensamento determina a maneira de pensar de um coletivo em um dado momento histórico. Os iniciantes em um coletivo são preparados, treinados, doutrinados a olhar o “mundo”, elaborar problemas e buscar respostas em sintonia com o estilo de pensamento. Este processo determina que ao “olhar” para o objeto, o membro de um coletivo apresenta um estilo de pensamento que orienta sua prática e guia o que observar, o que olhar e como olhar (ver formativo) (Leite et al,2001, p.98).*

Dessa maneira, no processo de formação de professores, deverá ser considerada a necessidade de desenvolver a competência que lhes possibilite a capacidade de ver aquilo que forma a base da disciplina, pois a forma como pensamos ou vemos está condicionada pelo coletivo de pensamento ao qual pertencemos e que se encontra inserido em um quadro histórico determinado pelo estilo de pensamento. Para que isso ocorra, será necessário que os professores se dêem conta que, como afirma Bachelard (1977, p. 31) “*toda cultura é solidária com planos de estudos, com ciclo de estudos. A pessoa afeita à cultura científica é um eterno estudante*”. Somente assim, estaremos oferecendo condições para que se constituam profissionais com espírito de atualização constante e crítica dos conhecimentos e dos valores por eles suscitados, especialmente, numa das áreas das ciências biológicas que está em acelerado processo de renovação dos conhecimentos, como é a Genética.

## Referências Bibliográficas

BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

\_\_\_\_\_. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BOMBASSARO, L. C. **Ciência e Mudança Conceitual: notas sobre epistemologia e história da ciência**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1995.

BORGES, R. M. R. **A Natureza do Conhecimento Científico e a Educação em Ciências**. 1991. Dissertação (Mestrado em Educação), UFSC, Florianópolis.

BROWN, T. A. **Genética: um enfoque molecular**. 3 ed. Rio de Janeiro: G. Koogan, 1999. 336 p.

BUGALLO RODRIGUEZ, A. La Didáctica de la Genética: Revisión Bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 3, n. 13, p.379-385, 1995.

CASTILHO-DELIZOICOV, N.; DELIZOICOV, D.(1999). **Trajetos do sangue no corpo humano: instauração – extensão – transformação de um estilo de pensamento**. Atas do II encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Valinhos, São Paulo.

CASTILHO-DELIZOICOV, N. **O movimento do sangue no corpo humano: história e ensino**. Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, UFSC.

CHASSOT, Á . **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Unijuí, 2000. 432 p.

DA ROS, M.A. **Estilos de pensamento em Saúde Pública: um estudo da produção FSP-USP e ENSP-FIOCRUZ, entre 1948 e 1994, a partir da epistemologia de Ludwik Fleck**. Florianópolis, 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, UFSC.

FLECK, L. **La génesis y el desarrollo de un hecho científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

GRIFFITHS, A. J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M. **Introdução à Genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: G. Koogan, 1998. 856 p.

HAUSMANN, R. **História da Biologia Molecular**. Tradução Celma E. Lynch de Araújo Hausmann. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1997.

JUSTINA, L. A. D; FERRARI, N.; ROSA, V. L. da; **Genética no Ensino Médio: Temáticas que apresentam maior grau de dificuldade na atividade pedagógica**. Anais do VII Encontro Perspectiva do Ensino de Biologia. São Paulo, USP, 2000. p. 794-795.

KELLER, E. F. **O Século do Gene**. Belo Horizonte: Crisálida, 2002. 204 p.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 3. ed. São Paulo: Harbra,1996. 267p.

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**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 97-108, 2001.

LEWIS, J. WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 2, p. 177-195, 2000.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Brasília: UnB, 1998.

OLIVEIRA, R.J. **A escola e o ensino de ciências**. São Leopoldo: Unisinos, 2000.

ROBERTS, R.M. **Descobertas acidentais em ciências**. São Paulo: Papirus, 1993.

SCHÄFER, L.; SCHENELLE, T. **Introdución – Los fundamentos de la vision sociologica de Ludwik Fleck de la teoria de la ciencia**. In: FLECK, L. La genesis y el desarrollo de un hecho científico. Alianza Universidad, Madrid, 1986.

SCHEID, N.M.J. **Os conceitos de genética e as implicações na docência**. Ijuí, 2001. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências), UNIJUÍ.

SOLBES, J.; TRAVER, M.J. La Utilización de la História de las Ciencias en la enseñanza de la Física y la Química. **Enseñanza de las Ciencias** 14 (1), 103-112.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. Genética y Formación Científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.1, n.16, p.43-61, 1998.

WATSON, J.; CRICK, F. A structure for deoxyribose nucleic acid. **Nature** 171 (4356), 737-738, 1953.

WORTMANN, M.L.C. **Programações curriculares em Cursos de Ciências Biológicas: um estudo sobre as tendências epistemológicas dominantes**. Porto Alegre, 1994. Tese (Doutorado em Educação), UFRGS.