

XIII

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DA GENÉTICA E EVOLUÇÃO NO NÍVEL MÉDIO: UM ESTUDO DE CASO

*Lilian Al-Chueyr P. Martins
Ana Paula O. P. Moraes Brito*

Introdução

Existem muitos estudos e propostas, tanto a nível internacional como a nível nacional, sobre a utilização da História da Ciência no ensino da Ciência. Mas para que pode contribuir a História da Ciência?

Este tipo de estudo pode contribuir para a formação de uma visão mais adequada acerca da construção do pensamento científico, das contribuições dos cientistas e da própria prática científica; permite que se conheça o processo de formação de conceitos, teorias, modelos, etc. Além disso, pode auxiliar o ensino da própria ciência, tornando-a não apenas mais atraente mas principalmente mais acessível para o aluno, possibilitando uma melhor compreensão de conceitos, modelos e teorias atuais (Martins 1998, p. 18).

Algumas das propostas sugerem que se utilize mais História da Ciência na sala de aula (ver por exemplo, Rutherford & Ahlgren 1990). Outras, entretanto, sugerem que, antes da preocupação da quantidade deve vir a preocupação com a qualidade, em utilizar a História da Ciência de modo adequado, evitando apresentar uma “pseudo-história” da ciência (ver por exemplo, Allchin 2003). A pseudo-história da ciência caracteriza-se por selecionar fatos que criam uma imagem enganosa e dão uma falsa impressão acerca da natureza da ciência. Ela contribui para a formação de uma visão romântica sobre os cientistas, simplificando o processo de construção do pensamento científico, o que leva à formação de falsas idéias (Allchin 2004, p. 179). Infelizmente, em nosso país, muitas vezes, é justamente este tipo de História da Ciência que é utilizado e perpetuado pelo professor de ciência em suas aulas.

Na maioria das vezes o professor de ciência se baseia na pequena parte histórica que acompanha o conteúdo referente à parte científica das diversas disciplinas que se encontra nos livros didáticos. Muitas vezes não percebe os problemas dessas versões pois não é um profissional treinado em História e Filosofia da Ciência.

O objetivo deste artigo é discutir acerca da parte histórica que aparece em certos livros didáticos e que é normalmente utilizada pelo professor de ciência em suas aulas. A partir da análise de alguns exemplos relacionados especificamente à genética e evolução, apontaremos os problemas existentes, acrescentando novos dados tanto em relação ao conteúdo como em relação ao contexto da época, que permitam a utilização deste material de uma maneira mais eficaz na sala de aula. Além disso, procuraremos fornecer alguns subsídios e sugestões para que o professor de ciência possa detectar o mesmo tipo de problemas nos textos históricos que tiver em mãos para que possa selecionar um material mais adequado para suas aulas.

Como a história da ciência vem sendo, de um modo geral, aplicada ao ensino da genética e evolução?

Selecionamos como amostra para nossa análise alguns trechos que aparecem em livros didáticos tratando especificamente da história da genética e evolução. Em relação à história da genética escolhemos dois temas: os princípios de Mendel e a teoria cromossômica. Em relação à teoria de evolução escolhemos alguns trechos que tratam das contribuições de Darwin e Lamarck¹. Iremos reproduzir os textos selecionados e fazer alguns comentários sobre eles, oferecendo elementos que possam talvez possam auxiliar os professores na sala de aula, no ensino desses conteúdos.

Genética: Princípios de Mendel

*“Entre outras circunstâncias que contribuíram para que o **trabalho de Mendel fosse ignorado** está que os resultados de seus experimentos fossem publicados em **um periódico obscuro de circulação limitada**, embora o próprio Mendel tenha tornado o seu trabalho conhecido por alguns dos biólogos mais famosos de seu tempo*

¹ Não iremos aqui mencionar nem o título dos livros, nem o nome dos autores. Nossa intenção é apenas analisar os diferentes casos encontrados, apontar os problemas e propor alternativas para minimizá-los e solucioná-los.

– mas não, claro, pela nova geração de **cientistas** que teria, talvez, menos preconceito contra suas idéias. A **principal** circunstância, entretanto, deve ter sido que **Mendel foi incapaz de justificar a generalização de suas conclusões a todas as espécies que estudou**.²”

Estudos historiográficos mostram que o trabalho de Mendel (1866) sobre a formação e desenvolvimento de híbridos, obtidos principalmente a partir de estudos de cruzamentos experimentais com ervilhas do gênero *Pisum*, não foi publicado em um periódico obscuro de circulação limitada e nem propriamente ignorado pois foi citado em diversos livros e artigos sobre hibridação antes de 1900 (Sandler & Sandler 1986, p. 755; Martins 2002b, p. 28; Olby 1966). Havia outros trabalhos sobre hibridação na época, inclusive com ervilhas, como os de John Goss e Alexander Seton, entretanto, estes autores diferentemente de Mendel, não conferiram a seus estudos um tratamento estatístico. Durante o período em que estudou em Brno (atual Viena), Mendel conviveu com professores competentes e de mente aberta como Franz Unger que lecionava fisiologia vegetal, desenvolvia estudos sobre fertilização e aceitava a evolução orgânica. Mendel se correspondia com estudiosos da época como Carl Nägeli, com quem trocava idéias acerca de seu trabalho. Além disso, Mendel tinha conhecimentos de estatística que devem ter sido obtidos a partir de seus estudos sobre física, incluindo o formalismo matemático e a parte experimental, com professores como Christian Doppler (descobridor do “efeito Doppler”) e Andreas Ettinghouse. Aliás, foi nesses estudos que Mendel obteve suas melhores notas. Por outro lado, ele não se propôs a generalizar suas conclusões obtidas a partir do estudo das ervilhas *Pisum* a todos os vegetais porque sabia que havia diferenças em relação a outras plantas, algumas das quais apresentou em seu próprio artigo sobre plantas híbridas. Por exemplo, nos experimentos de hibridação que realizou a partir do cruzamento de *Phaseolus vulgaris* com *Phaseolus nanus*, percebeu que, embora as proporções dos híbridos obedecessem às mesmas relações obtidas em ervilhas, apareciam nos híbridos algumas características que eram diferentes daquelas encontradas nos progenitores, tais como a cor das flores e das sementes, o que demandava uma explicação diferente daquela aplicada ao caso das ervilhas (Mendel 1865, p. 367; Martins 2002b, p. 35). Além disso, em seu artigo, ele deixou claro que, para se chegar a leis gerais que governassem a herança nos híbridos, era preciso investigar vegetais das mais diferentes ordens (ver

² Nesta e nas outras citações que se seguem, as palavras que aparecem destacadas foram enfatizadas por nós.

Martins 2002b, p. 30). É possível que a comunidade, científica da época não tivesse percebido no momento a importância de sua contribuição ou mesmo compreendido seu significado, mas não por questões de preconceito. Uma melhor compreensão da proposta de Mendel veio a acontecer algumas décadas depois, quando havia vários estudiosos trabalhando na mesma direção (como Carl Correns, Hugo de Vries, Erick von Tschermak-Seysenegg e William Bateson).

*“Mendel tinha conhecimento de que, numa população com um número suficiente de indivíduos aparecem, com baixa frequência, indivíduos diferentes ou **mutantes**. [...]”*

Na época de Mendel não se utilizava o termo “mutante”, nem o próprio Mendel o empregou. A adoção e utilização deste termo ocorreu bem mais tarde. No início do século XX, em 1901–1903, o médico e botânico holandês Hugo de Vries (1848–1935) apresentou o que ele chamou de “teoria da mutação” em um livro com dois volumes, a partir de estudos experimentais com a planta *Oenothera lamarckiana*. Ele acreditava que novas espécies ou variedades poderiam se formar em um único passo (com saltos) a partir da espécie parental que continuaria existindo sem modificar-se durante o processo. A essas novas espécies ou variedades ele chamou de “mutantes” (Martins 2000, p. 299). Um dos grandes entusiastas da teoria das mutação de De Vries foi Thomas Hunt Morgan que procurou investigar se em animais também ocorriam as mutações no sentido de De Vries. Utilizou como material experimental a mosca das frutas *Drosophila melanogaster*. Morgan inicialmente empregou o termo “mutante” no sentido em que De Vries o empregara. Após 1910–1911, ele e seus colaboradores passaram a empregá-lo num sentido mais próximo ao atual (ver Martins 2002a, p. 234). Assim, a terminologia utilizada pelo autor do texto acima citado é completamente inadequada.

*“Mendel proporcionou a primeira **prova** de uma teoria que explica a herança mediante a transmissão das unidades nas células reprodutoras, com o que **pôs fim** a noções vagas como as referentes a “sangues”. Os **genótipos** de todos os organismos, **segundo esta teoria**, são formados por genes. [...]”*

Mendel não proporcionou “prova” de nada. Ele apenas, a partir de estudos estatísticos com cruzamentos experimentais, encontrou evidências de que, no caso específico das ervilhas do gênero *Pisum*, a herança dos híbridos seguia alguns padrões. Além disso ele, que tinha noções de citologia, procurou explicar o que deveria ocorrer nas células reprodutivas dos híbridos para produzir os resultados

encontrados nos cruzamentos experimentais a partir dos conhecimentos que se tinha na época. Ele acreditava que os “elementos celulares” (mais tarde chamados “fatores” e, posteriormente, “genes”) encontrados nas células reprodutivas dos progenitores não se misturavam. Assim, para ele os gametas seriam puros. Entretanto, não “pôs fim a noções vagas como as referentes a ‘sangues’” porque mais tarde, no fim do século XIX e início do século XX, Francis Galton e os biometricistas Walter Frank Raphael Weldon e Karl Pearson aceitavam e advogavam a herança com mistura. Em 1887 Galton propôs a “lei da herança ancestral”, que admitia que um organismo herdava uma mistura de metade de traços de cada um dos progenitores, um quarto de cada um dos avós e assim por diante (Galton 1897; Martins 1999b, pp. 83–4). Não se falava em “genótipos” na época de Mendel pois não se fazia uma diferenciação entre o que estava no interior dos gametas e a característica externa. Além disso, nem sequer havia aparecido o termo gene. As palavras “gene” e “genótipo” foram cunhadas por Wilhelm Johannsen em 1909–1910, portanto, muito mais tarde. Mendel também não mencionou o termo “cromossomos” em seu trabalho sobre as plantas híbridas.

Genética: Teoria cromossômica

“O paralelo entre o comportamento dos cromossomos e os resultados de Mendel tornou-se claro para diversos pesquisadores no início do século XX. Correns, Sutton e Boveri em 1902 formularam a teoria cromossômica da hereditariedade, mas uma prova importante, no mesmo ano, foi a descoberta dos cromossomos sexuais feita por McClung.”

No início do século XX a existência de um paralelo entre o comportamento dos cromossomos no interior da célula durante as divisões celulares (nível microscópico) e os princípios de Mendel (observados a nível macroscópico a partir dos resultados obtidos nos cruzamentos experimentais) não era clara pois havia muitas dúvidas sobre os processos celulares. Por exemplo, durante a interfase (fase que medeia duas divisões celulares sucessivas) os cromossomos aparentemente desapareciam e depois reapareciam nos mesmos lugares. Não se sabia se eles conservavam sua individualidade. Durante o processo de sinapse (pareamento dos cromossomos) não se sabia se os cromossomos formavam pares ponta a ponta ou lado a lado, o que trazia sérias dificuldades para a hipótese. Não se mostrara ainda a existência de uma relação entre uma característica externa visível e algum cromossomo ou cromossomos especiais. Por outro lado, as chamadas leis de Mendel não eram aceitas por todos os pesquisadores, pois havia muitas exceções quanto à aplicação dos princípios mendelianos em animais e plantas. Por essas e outras

razões, grande parte da comunidade científica da época (como Thomas Hunt Morgan, William Bateson e Wilhelm Johannsen) não aceitou a hipótese. Pode-se dizer que havia *várias hipóteses* cromossômicas como as de Correns, Sutton e Boveri que diferiam sob vários aspectos e não formavam um todo coerente (Martins, *A teoria cromossômica da herança: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*, cap. 3; Martins, 1999c).

Um norte-americano do Texas, Clarence Erwin McClung, estudando a espermatogênese em ortópteros (gafanhotos), levantou a hipótese de que a presença do cromossomo X (que ele chamou de “acessório”) estaria relacionada à masculinidade. A estrutura detectada por McClung (o cromossomo acessório), já havia sido descrita anteriormente por Hermann Henking (1852–1942) no inseto *Pyrrhocris*. Entretanto, Henking a descrevera como sendo um “elemento de cromatina”, não a considerando, portanto, como sendo um cromossomo mas sim um elemento celular. Apesar de equivocada, como explicaremos mais adiante, a hipótese de McClung abriu caminho para uma série de pesquisas. Algumas delas confirmaram-na, como o estudo de Walter S. Sutton (1902) com o gafanhoto *Brachystola magna* e outras a negaram, como os estudos feitos por Thomas H. Montgomery (1901) em 42 espécies diferentes de hemípteros. Montgomery acreditava que a estrutura encontrada por McClung não era um cromossomo mas sim um nucléolo de cromatina. Apesar de estudos posteriores indicarem que o elemento celular detectado por McClung era um cromossomo, mostraram que o autor havia se equivocado, pois o cromossomo acessório (X) não era determinante da masculinidade e sim da feminilidade: não eram os ortópteros machos que possuíam um cromossomo X a mais e sim as fêmeas que apresentavam dois cromossomos X (os machos eram XO e as fêmeas XX). Se houvesse estudado também a ovogênese desses insetos é bem possível que McClung houvesse percebido seu engano (Martins 1997, capítulo 4). Nos anos que se seguiram, de 1905 a 1912, as investigações feitas por vários estudiosos como Nettie Maria Stevens e Edmund Beecher Wilson mostraram que no caso estudado por McClung o macho possuía um cromossomo sexual ímpar (XO) e a fêmea era homozigota (XX). Indicaram ainda a existência de uma grande variedade de “modelos” cromossômicos de determinação sexual. Em alguns casos o macho era homozigoto para o sexo e a fêmea homozigota. Em outros a fêmea era heterozigota e o macho homozigoto. Havia casos em que o macho tinha um cromossomo sexual ímpar, como nos ortópteros, por exemplo. Algumas espécies apresentavam vários cromossomos sexuais Assim, diversos estudiosos contribuíram nos anos mencionados e, mesmo posteriormente, para esclarecer a complexa relação entre cromossomos e determinação de sexo em insetos (Brito 2004, cap. 3).

“Por volta de 1900, vários pesquisadores observaram ao microscópio a existência, em muitas espécies, de um par de cromossomos que diferiam dos demais e aos quais chamaram sexuais ou heterocromossomos. Esses pesquisadores também verificaram que nas fêmeas o par cromossômico era constituído por dois cromossomos semelhantes. Nos machos, entretanto, esses cromossomos diferiam quanto ao aspecto: um deles era idêntico ao encontrado nas fêmeas, mas o outro apresentava-se morfológicamente diferente.”

Existem diversos modelos de determinação sexual nos animais. Apenas em alguns animais a fêmea apresenta um par de cromossomos iguais (XX) e os machos um par de cromossomos diferentes (XY). Os pesquisadores não

“observaram por volta de 1900 um par de cromossomos sexuais que diferia dos outros e que eles chamaram de cromossomos sexuais.”

Na época discutia-se como o sexo seria determinado: se isso ocorreria no momento da fertilização (causas internas) ou por condições externas como a alimentação da mãe, temperatura do meio ambiente, etc. Além disso, não se havia relacionado ainda o sexo a cromossomos especiais. Havia vários pesquisadores fazendo estudos citológicos, principalmente sobre o processo de formação dos espermatozoides (espermatogênese) em insetos, já que este processo está ocorrendo continuamente no interior dos canais seminíferos dos testículos dos machos. A observação citológica na época era difícil. Alguns investigadores, como Hermann Henking em 1891, detectaram a existência de uma estrutura diferente em relação aos outros cromossomos mas não consideraram esta estrutura como sendo um cromossomo (Moore 1986, p. 671). Foi McClung (1899), conforme mencionamos acima, que percebeu durante seus estudos sobre a espermatogênese de gafanhotos a existência de um corpúsculo que reagia diferentemente aos corantes e se comportava de modo diferente dos outros cromossomos. Ele considerou esse corpúsculo como sendo um tipo especial de cromossomo, chamando-o de “cromossomo acessório” e representando-o em suas figuras pela letra X. Ele constatou a presença deste corpúsculo em metade dos espermatozoides e levantou a hipótese de que seriam os espermatozoides portadores do acessório que, ao se unirem com os óvulos das fêmeas dariam origem aos indivíduos masculinos (McClung 1901, 1902). Ele acreditava que os machos tinham um cromossomo a mais que as fêmeas. Como ele não havia estudado o processo de formação dos óvulos, o que era bem difícil, não pôde perceber que as fêmeas produziam sempre óvulos portadores do cromossomo X e que os indivíduos XX eram fêmeas e os XO machos. Assim, os machos não

tinham um cromossomo (X) a mais, mas sim, a menos. O “modelo” que McClung estava estudando (macho: XO; fêmea: XX) foi esclarecido mais tarde (1905–1906) por Wilson. O “modelo” que o autor do livro didático menciona na citação retirada do livro didático e reproduzida acima, é diferente e foi estudado em 1905 por Nettie Maria Stevens, que lidou tanto com a espermatogênese como com ovogênese do coleóptero *Tenebrio molitor* (macho: XY; fêmea: XX).

Em um de seus primeiros estudos sobre a gametogênese em insetos, Stevens (1905) encontrou fortes indícios de que em *Tenebrio* havia uma relação entre cromossomos e determinação de sexo. Ela percebeu que, durante o processo de formação dos espermatozoides, havia dois tipos diferentes de espermatócitos secundários: um contendo dez cromossomos grandes e o outro contendo nove cromossomos grandes e um pequeno. Como estudou também a ovogênese desses insetos, percebeu que nas fêmeas todos os ovócitos secundários tinham 10 cromossomos grandes. Ela constatou que durante o processo de fertilização, da união dos óvulos com os espermatozoides contendo 10 cromossomos grandes, resultavam fêmeas e da união dos óvulos contendo nove cromossomos grandes e um pequeno, resultavam machos. Sugeriu então que mesmo que o cromossomo diferente não fosse um determinante do sexo masculino (que seria uma das possibilidades), este poderia ser determinado por uma diferença em relação à qualidade ou quantidade de cromatina (Stevens 1905, p. 18; Brito 2004, p. 24). Nesse mesmo estudo ela percebeu que enquanto os machos de várias espécies de coleópteros apresentavam um par de cromossomos desiguais, havia outras ordens como os ortópteros em que ela encontrou o cromossomo acessório; havia ordens em que ela não encontrou o cromossomo acessório, como na ordem a que pertencia o gênero *Aphis*, por exemplo. Havia casos que não puderam ser esclarecidos por Stevens e outros em que ela não encontrou uma relação entre cromossomos e sexo (BRITO 2004, cap. 2).

Os dois estudos de Wilson sobre cromossomos publicados em 1905 traziam muitas dúvidas acerca da existência da relação entre cromossomos e sexo e foram esclarecidas com o estudo da ovogênese e os achados de Stevens. Em seu estudo de 1906 Wilson, com o auxílio das contribuições de Stevens, corrigiu o equívoco de McClung mostrando, a partir do estudo da ovogênese e espermatogêneses de quatro gêneros de ortópteros, que não era o macho que possuía um cromossomo a mais, mas sim a fêmea (Wilson 1906, p. 2; Brito 2004, p. 62). Ele preferiu entretanto chamar o cromossomo acessório de heterotrópico. Já Stevens adotou o termo “cromossomo X” que é empregado atualmente.

Em seu estudo de 1906, Wilson indicou a existência de três tipos de possibilidades em relação à determinação de sexo e cromossomos em insetos: a) formas que

continham o cromossomo acessório (X) que ele chamou de “heterotrópico”, onde os machos tinham um cromossomo X a menos que as fêmeas, como em *Protenor belfragei*; b) formas em que machos e fêmeas possuíam o mesmo número de cromossomos, sendo que no macho havia um par de cromossomos desiguais, como em *Lygaeus turcucus*; c) formas nas quais os idiocromossomos eram iguais em tamanho, como em *Nezara hiliaris* (Wilson 1906, pp. 2–3; Brito 2004, pp. 63–66).

A denominação “heterocromossomos” foi introduzida por Stevens em 1905 para se referir ao par de cromossomos desiguais (XY) presente nos machos de algumas ordens de insetos. Entretanto, não era utilizada universalmente pois Wilson para se referir na época aos mesmos cromossomos utilizou o termo “idiocromossomos” (Brito 2004, p. 42). Um dos problemas na época era a terminologia empregada, sobre a qual não havia consenso e que, muitas vezes, difere da atual.

O estudo da relação entre cromossomos e determinação de sexo a partir da gametogênese de insetos era bastante complicado e foi feito por diversos investigadores. Foram detectados vários “modelos” cromossômicos no período mencionado e outros casos só foram esclarecidos muitos anos mais tarde.

“[...] Em 1906 Bateson e Punnett descobriram o linkage, embora sua interpretação do fenômeno não fosse correta [...]”

William Bateson trabalhava com cruzamentos experimentais utilizando tanto animais como plantas. Ele procurava averiguar se nesses organismos poderiam ser aplicados os princípios que Mendel encontrara nas ervilhas. Além disso, ele estudava também as exceções e os desvios em relação ao que fora encontrado por Mendel e a possibilidade da existência de outras leis. Nesse sentido, em torno de 1906, Bateson e seus colaboradores Edith Saunders e Reginald C. Punnett, a partir do estudo de cruzamentos experimentais em ervilhas *Lathyrus odoratus*, perceberam que algumas características eram herdadas sempre juntas ou com maior probabilidade de aparecerem juntas do que separadas. Eles chamaram o fenômeno de *associação* (“coupling”). O mesmo fenômeno já havia sido observado pelo botânico alemão Carl Correns. Inicialmente Bateson, Punnett e Saunders acreditaram que os alelos dominantes dos progenitores originais poderiam sofrer algum tipo de repulsão o que dificultaria ou mesmo impediria que eles ficassem juntos (Bateson, Saunders & Punnett 1906). Anos mais tarde (1911) Bateson e Punnett propuseram a “hipótese da reduplicação” para explicar porque havia um número maior de gametas onde os fatores apareciam com as combinações paternas ou maternas e um número menor de gametas recombinantes (Bateson & Punnett 1911). Eles acreditavam que a segregação aconteceria em um dos

estágios embrionários iniciais, antes da formação das células germinativas (Bateson & Punnett 1911, p. 211), e que os gametas que apresentavam as combinações parentais se dividiam mais vezes do que aqueles que aqueles que apresentavam a recombinação de fatores.

A hipótese da reduplicação permitia fazer previsões e era uma alternativa viável para a época. Anos mais tarde, Morgan e seus colaboradores constataram a existência de fenômeno semelhante em *Drosophila*, porém chamaram-no de *linkage* (“vinculação”) e ofereceram uma explicação diferente. Para eles, os fatores eram herdados associados porque estavam localizados linearmente em pontos próximos em um mesmo cromossomo. Os gametas recombinantes poderiam ser explicados através do *crossing-over* (permuta), troca de partes entre os cromossomos. Para isso, Morgan se baseou nos estudos feitos por Franz Alphon Janssens em *Batracosseps atenuatus* (salamandra) mas a situação não estava clara na época. A segunda explicação, ou seja, a de Morgan, é a que se aceita atualmente (Martins 1997, capítulo 2). Porém, o fato de não se adotar hoje em dia uma explicação para determinado fenômeno não significa que ela não tenha sido plausível dentro do contexto de sua época, como é o caso da hipótese da reduplicação de Bateson e Punnett.

Teoria da evolução

“Por volta de 1809, o biólogo francês Jean Baptiste Lamarck propôs uma das teorias mais conhecidas para explicar a evolução dos seres vivos. Apesar de errada, sob o ponto de vista biológico, a teoria de Lamarck é muito lógica e fácil de ser entendida, motivo pelo qual o raciocínio por ele utilizado é citado muitas vezes por leigos.

Lamarck baseou sua teoria em duas suposições:

a) Lei do Uso e Desuso: segundo essa lei, quanto mais uma parte ou órgão do corpo é usado, mais se desenvolve, enquanto as partes não usadas se enfraquecem, atrofiam, podendo mesmo desaparecer

b) Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos: essa lei postulava que as alterações provocadas num órgão pelo uso ou desuso são transmitidas aos descendentes.”

Lamarck começou a propor uma teoria que considerariamos atualmente como sendo de evolução orgânica muito antes de 1809 (por volta de 1800) e apresentou sua versão final em 1815 no primeiro volume que constitui a introdução do seu tratado sobre invertebrados (*Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*) e em sua obra de síntese, *Système analytique des connaissances positives de l’homme* (1820).

Embora não aceitemos atualmente grande parte do que Lamarck apresentou, sua proposta era coerente dentro do contexto de sua época. Tanto a “lei do uso e desuso” como a “lei da herança de caracteres adquiridos”, que faziam parte da teoria de Lamarck, não eram idéias originais de Lamarck. Eram idéias que se aceitava na época e continuaram a ser aceitas posteriormente pois também faziam parte da teoria de Charles Darwin. Por exemplo, no capítulo 1 do *Origin of species* Darwin assim se expressou:

“A mudança de hábitos produz um efeito herdado, como no período de florescimento das plantas quando são transportadas de um clima para outro. Com os animais, o aumento do uso ou desuso das partes tem uma influência mais marcada: assim, eu encontrei no pato doméstico que os ossos da asa pesam menos e ossos da perna mais, em proporção ao esqueleto como um todo, do que ocorre com os mesmos ossos no pato selvagem; e esta mudança pode ser atribuída seguramente ao fato de que o pato doméstico voa muito menos e anda mais do que seus parentes selvagens.”

(Darwin 1859, p. 10.)

Entretanto, a teoria de Lamarck não se reduz a esses aspectos. Envolve muitos outros que são pouco conhecidos pelos leigos (Martins 1993, pp. 44–48).

Além dessas duas leis anteriormente mencionadas, nas versões finais de sua teoria Lamarck apresentou mais duas. Uma delas se referia à tendência que existe na natureza para o aumento de complexidade, que é responsável tanto pelo desenvolvimento do indivíduo desde o ovo até a fase adulta como pela formação de uma escala constituída em relação aos grandes grupos taxonômicos de animais em relação aos quais existiria um aumento crescente na complexidade dos órgãos essenciais, aparelhos e sistemas. Através da outra lei, Lamarck procurou explicar o surgimento de um novo órgão a partir de mudanças nas circunstâncias que provocam novas necessidades e movimento dos fluidos no interior do corpo do animal que no decorrer de muitas gerações podem provocar o aparecimento de novos órgãos, que serão mantidos se as circunstâncias permanecerem as mesmas e a necessidade continuar a se fazer sentir (ver Martins 1997b).

Em sua teoria, Lamarck procurou também explicar o surgimento dos primeiros seres vivos, via geração espontânea, através de fenômenos que se conhecia na época: calórico e eletricidade, envolvendo forças de atração (semelhante à atração universal de Newton) e repulsão (calórico e eletricidade). Documentou cuidadosamente a existência de uma progressão em relação às massas quanto a órgãos essenciais, aparelhos, sistemas (ver Martins 1997a). Trouxe contribuições para a sistemática introduzindo o critério: presença ou ausência de ossos juntamente

com os termos “vertebrados” e “invertebrados”, que são empregados até hoje na taxonomia zoológica. Procurou também explicar a origem do homem que colocou no limite superior da escala e de suas faculdades superiores: memória, atenção, etc.

“Com o conhecimento atual, a idéia da transmissão de caracteres adquiridos, conforme proposta por Lamarck, é totalmente sem fundamento.”

Sem dúvida atualmente não se aceita a transmissão de caracteres adquiridos. Entretanto, no século XIX, mais de cinquenta anos após a proposta da teoria de Lamarck, essa idéia ainda era aceita e aparece na obra de Charles Darwin, que, inclusive, admitia a herança direta de características adquiridas acidentalmente (Darwin 1868, vol. 1, pp. 467–70). Ainda na época de Darwin, Herbert Spencer acreditava que a herança de caracteres adquiridos tinha mais relevância no processo evolutivo do que a seleção natural (Martins 2004).

Em 1883 August Weismann, em sua obra *Essays upon heredity*, questionou a herança dos caracteres adquiridos, a partir das evidências encontradas em seus experimentos com camundongos e propôs a existência de uma continuidade em relação ao plasma germinativo, ou seja, só seria herdado pelos descendentes o que estivesse no interior das células germinativas dos indivíduos. Modificações que ocorressem nas células que constituem o corpo dos indivíduos (somáticas) não seriam herdadas. A questão da herança de mutilações provocou uma grande discussão na comunidade científica da época. Entretanto, Brown-Séquard, estudando lesões acidentais nos nervos centrais em porcos-da-índia encontrou evidências favoráveis à herança de caracteres adquiridos (Laurent 1979).

Durante a primeira década do século XX, ainda se investigava a possibilidade da ocorrência de herança de caracteres adquiridos no caso de seres unicelulares como protozoários. Os estudos de Herbert Spencer Jennings com *Paramecium* indicam isso. Por outro lado, a idéia da transmissão de caracteres adquiridos não é uma idéia original de Lamarck, pois já aparecia na Antigüidade em vários textos que constituem o *Corpus Hippocraticum* ou *Coleção hipocrática*. Talvez por ser uma idéia que fizesse parte do contexto de sua época, Lamarck não tenha dedicado um espaço maior para discuti-la, passando rapidamente por ela (Martins 1997b, pp. 43–45).

“A teoria conhecida por teoria de Darwin, na realidade não foi formulada somente por Charles Darwin. Ela foi apresentada por Darwin e Alfred Wallace, em 1858, numa sessão da Academia Botânica de Ciências. [...]”

Darwin e Wallace, ao que tudo indica, chegaram independentemente ao princípio da seleção natural. Entretanto suas teorias evolutivas, apesar de terem semelhanças, diferem sob alguns aspectos que incluem a seleção natural, influência do meio, seleção sexual e origem do homem dentre outros. Wallace, por exemplo, ao contrário de Darwin, considerava que a origem do homem era devida a influências sobrenaturais, porque as capacidades mentais humanas não podiam ser explicadas por causas naturais e assim por diante (Martins 2006, pp. 3–4). Além disso, eles apresentaram seus resultados em julho de 1858 à *Linnean Society* de Londres e não à Academia Botânica de Ciências. Logo a seguir publicaram-nos em 1859 sob a forma de um artigo em co-autoria intitulado “On the tendency of species to form varieties, and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection”.

*“No seu **todo**, a teoria de Darwin é aceita até hoje. Ela só não é completa, porque na época em que foi formulada não eram conhecidos os mecanismos de transmissão hereditária, nem a estrutura do material genético.”*

Atualmente não se aceita boa parte do que Darwin propôs em sua teoria. Vários aspectos tais como “lei do uso e desuso”, “herança dos caracteres adquiridos” ou sua explicação para a hereditariedade (a hipótese da pangênese) que faziam parte de sua teoria original são rejeitados atualmente. Darwin aceitava que poderia ocorrer especiação sem nenhum tipo de isolamento reprodutivo; atualmente não se aceita isso. Darwin supunha que as espécies começavam a variar quando submetidas a novas condições ambientais – o que também não se aceita hoje em dia. São aceitos alguns aspectos da teoria de Darwin que foram refinados e reinterpretados dentro da genética do século XX, como a seleção natural, que atua sobre a frequência dos genes. O fato de a teoria de Darwin não ser completa não se deve ao desconhecimento de aspectos que vieram a ser conhecidos posteriormente. Não existe teoria completa.

*“Essa teoria propõe que **todas as modificações** nas espécies, ao longo das gerações, e mesmo a origem de novas espécies, é provocada pela seleção natural. [...]”³*

O próprio Darwin explicou no esboço histórico da sexta edição da *Origem das espécies* que a seleção natural era o principal mas não o único meio de modificação das espécies. Além da seleção natural, Darwin admitia outras causas naturais,

³ Os não itálicos são do autor do trecho citado.

como a seleção sexual (para dar conta da “beleza” e das características sexuais secundárias), a ação direta do meio, e a herança das características adquiridas obtidas pelo uso e desuso. Darwin sugeriu vários tipos de estudo que poderiam auxiliar a esclarecer acerca da origem das espécies tais como: estudos sobre os animais domesticados e plantas cultivadas, as afinidades mútuas entre os seres orgânicos, suas relações embriológicas, sua distribuição geográfica bem como a sucessão geológica (Darwin 1859, 'Introduction', p. 2; Martins 2006, p. 5).

*“Darwin observou também que os animais criados pelo homem (animais domésticos como cachorros, galinhas, porcos, cavalos) e os pombos exóticos, apresentavam uma **variação fenotípica** muito maior que os animais selvagens.”*

Darwin observou que os animais domesticados apresentavam uma variabilidade muito maior do que aquela que aparecia nos animais que viviam na natureza, mas jamais utilizou o termo “variação fenotípica” que é bem posterior e que implicava em outros conhecimentos não disponíveis na época de Darwin. Em 1909–1910 Wilhelm Johannsen, embora não aceitasse a teoria cromossômica, introduziu uma terminologia bastante importante, que viria mais tarde a ser utilizada por Morgan, seus colaboradores bem como por outros estudiosos. Em um livro publicado em 1909 Johannsen introduziu os termos “fenótipo”, “genótipo” e “gene”. Esses conceitos se alteraram um pouco com o passar do tempo. Em 1909 Johannsen considerou o fenótipo como sendo a aparência visível e mensurável de um grupo constituído por organismos semelhantes. O fenótipo depende não apenas das potencialidades hereditárias recebidas mas também das condições do meio, que vão determinar o desenvolvimento dessas potencialidades. A palavra “gene” foi escolhida por Johannsen como uma forma simplificada dos “pangenes” de Hugo de Vries, que por sua vez vieram da “hipótese da pangênese” de Darwin. O termo “gene” para Johannsen era sinônimo dos fatores mendelianos, ou seja, entes de natureza desconhecida, independentes uns dos outros, que determinam certas características hereditárias que podem ser transmitidas separadamente. O nome não tinha qualquer associação com cromossomos. A palavra “genótipo”, derivada de gene ou “genos” (origem, em grego) seria o tipo hereditário ou o tipo genético. Ou seja, genótipo representa a constituição hereditária de um indivíduo ou grupo. Este conceito não foi claramente definido por Johannsen em 1909 que dava grande importância àquilo que era observável e criticava fortemente o uso de hipóteses que utilizavam inobserváveis. Ele percebia claramente que não se podia identificar, através da observação, qual era o genótipo de um indivíduo ou grupo (Martins 1997, capítulo 4). Em 1911, Johannsen se referiu às fórmulas utilizadas pelos

mendelianos (como William Castle em suas análises de herança ligada ao sexo), como sendo “fórmulas de genótipo”. Em trabalhos posteriores, afirmou claramente que o genótipo era o conjunto de genes do indivíduo ou grupo (Johannsen 1911, p. 148; Wanscher 1975, p. 130).

Principais problemas encontrados

A forma pela qual a história da genética e evolução está sendo utilizada nesses livros didáticos oferece a oportunidade para uma reflexão. Podemos detectar vários problemas, tais como:

- Os autores partem de informações errôneas a partir das quais fazem uma série de relações também equivocadas, o que os leva a conclusões erradas;
- Os autores descrevem de modo errôneo as hipóteses, teorias ou idéias de um autor por desconhecerem completamente sua obra original;
- Para descrever as idéias de Mendel, Lamarck e Darwin, os autores servem-se de termos que surgiram muito depois e que sugerem conhecimentos que não existiam na época, mas que existem e são aceitos atualmente;
- Os autores ignoram totalmente o contexto da época em que viveram os estudiosos mencionados e parecem não atribuir a mínima importância a este aspecto;
- Os autores valorizam apenas aquilo que se aceita atualmente e desprezam conhecimentos, que embora não sejam mais aceitos atualmente, eram plausíveis dentro do contexto de sua época;
- Os autores apresentam narrativas simplificadas, omitindo aspectos importantes (como no caso da hipótese cromossômica e do estabelecimento da relação entre cromossomos especiais e sexo) o que impede a percepção de que o processo de construção do pensamento científico é complexo e inclui erros e acertos, que a ciência é falível já que é feita por seres humanos que podem cometer enganos;
- O tipo de narrativa empregada contribui para a idéia de que existem os cientistas geniais, que faziam tudo certo e apresentavam em seu tempo o que se aceita atualmente e os imbecis ou supressores da verdade que faziam tudo errado como, por exemplo, no caso das propostas evolutivas de Darwin e Lamarck ou de conceitos genéticos em Morgan e Bateson e Punnett;

- Os autores empregam inadequadamente a terminologia epistemológica: hipótese, teoria, “provar”.

Poderíamos indagar o que teria levado os autores dos trechos mencionados a cometer tantos enganos. A resposta seria: a falta de treino e preparo em História e Filosofia da Ciência.

Conseqüências

A forma pela qual a história da ciência está sendo empregada nos textos acima e que é levada para a sala de aula faz com que o estudante:

- Forme uma visão totalmente distorcida das idéias dos autores antigos
- Valorize somente o que aceitamos atualmente desprezando contribuições que muitas vezes eram plausíveis em seu tempo e que fizeram com que chegássemos onde estamos atualmente
- Forme uma visão do desenvolvimento do pensamento científico como algo feito por gênios que pensavam exatamente o que aceitamos atualmente e imbecis que faziam tudo errado
- Não perceba que o estabelecimento de teorias como a cromossômica, por exemplo, é o resultado de um trabalho coletivo que envolve as contribuições de vários indivíduos, envolvendo erros e acertos
- Não desenvolva um espírito crítico, pois favorece a formação de uma visão tendenciosa e anacrônica
- Tenha dificuldade em compreender os conceitos científicos atuais, por não compreender como eles surgiram

Portanto, isso se caracteriza como uma “pseudo-história da ciência”.

O que poderia ser feito para minimizar esses problemas?

Embora existam livros didáticos que empregam a História da Ciência de modo adequado, a maioria dos livros disponíveis apresenta problemas semelhantes aos apontados no decorrer deste estudo.

Nossa sugestão inicial é que os trechos históricos que fazem parte dos livros didáticos fossem escritos por historiadores da ciência especializados nos assuntos

tratados. Mas o que fazer com os textos sobre a História da Ciência problemáticos que já aparecem nos livros didáticos? Talvez, em edições futuras, reformulá-los com o auxílio de especialistas.

Enquanto isso não acontece, esperamos que os professores que trabalham com os conteúdos de que tratamos possam se servir de nossos comentários de modo a oferecer em suas aulas uma visão menos simplista e tendenciosa das contribuições dos pesquisadores mencionados e de seu contexto, tornando assim a História da Ciência uma ferramenta útil no ensino da ciência.

Além disso, gostaríamos de dar algumas sugestões não apenas para o professor de Biologia mas também para os professores que trabalham com outras ciências para que pudessem detectar textos históricos problemáticos e não utilizassem a pseudo-história da ciência em suas aulas.

Inicialmente aconselhamos que desconfiem de relatos que apresentem os pesquisadores como gênios, que chegam às suas conclusões a partir do nada, sem nenhuma dificuldade, sem encontrar problemas, exceções, etc. A natureza da ciência não é essa. Sempre existem problemas, dificuldades de vários tipos e erros, enganos.

Por outro lado, desconfiem de estudiosos que são apresentados como fazendo tudo errado, especialmente, por terem idéias que não são mais aceitas atualmente. Essas idéias podem ter sido plausíveis em sua época.

Tenham cautela com narrativas que não apresentem elementos que fazem parte do contexto científico e social da época, nem alternativas à proposta do autor que está sendo considerado.

Fiquem também atentos a hipóteses ou teorias apresentadas como se na ocasião de sua proposta não tivessem recebido nenhuma crítica ou reação por parte da comunidade científica. Novas propostas em geral são criticadas, como foi o caso da hipótese cromossômica.

Desconfiem de narrativas que, ao se referir a contribuições do passado, utilizem uma terminologia ou conceitos relacionados à ciência exatamente iguais àqueles que utilizamos e aceitamos atualmente. Por exemplo, falar sobre Mendel em 1866, referindo-se a “genes” e “populações”; ou dizer que Darwin teria observado “variações fenotípicas”.

Tenham cautela também para com a terminologia metacientífica empregada. Por exemplo, com termos como “provar”. Um experimento não prova nada. Ele apenas traz evidências favoráveis ou contrárias a uma determinada hipótese ou teoria.

Considerações finais

Este estudo mostrou que a História da Ciência, da forma como é utilizada em muitas obras (como nos trechos analisados acima) pode ser caracterizada como pseudo-história da ciência. Em vez de ser um auxiliar na educação, o uso da pseudo-história da ciência atrapalha, não possibilitando a formação de uma visão mais adequada acerca da construção do pensamento científico, das contribuições dos cientistas e da própria prática científica; nem permitindo que se tenha uma idéia adequada acerca do processo de formação de conceitos, teorias e modelos atuais. Assim, o problema maior é a *qualidade* da História da Ciência presente nos textos didáticos, e enquanto isso não se resolver não se pode nem sequer pensar em aumentar a sua quantidade.

Nossa sugestão é que seja estabelecida uma cooperação e um trabalho conjunto entre os autores de livros didáticos, educadores e especialistas em História da Ciência que estudaram os assuntos tratados. Desta forma, a longo prazo, os textos históricos que se encontram nos livros didáticos seriam escritos novamente, de forma a passar uma visão mais adequada do pensamento científico, considerando o contexto das contribuições, e empregando a terminologia tanto científica como metacientífica de modo correto.

Enquanto isso não acontece, demos algumas sugestões aos professores para auxiliá-los na escolha dos textos empregados. Sugerimos ainda que eles leiam artigos que discutem as relações e entre História da Ciência e Ensino bem como suas aplicações em periódicos especializadas, ou mesmo, trabalhos de História da Ciência sobre os assuntos de que estão tratando.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio concedido sem o qual não seria possível a realização desta pesquisa.

Referências bibliográficas

ALLCHIN, Douglas. Scientific myth-conceptions. *Science & Education* **87** (3): 329–351, 2003.

———. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education* **13** (3): 179–195, 2004.

BATESON, William & PUNNETT, Reginald Crundall. On gametic series involving reduplication of certain terms. *Journal of Genetics* **1**: 293–302, 1911. Reproduzido em: BATESON, *Scientific papers*, vol. 2, pp. 206–15.

- BATESON, William, SAUNDERS, Edith & PUNNETT, Reginald Crundall. Experimental studies in the physiology of heredity. *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society* **3**: 2–11, 1906.
Reproduzido em: BATESON, *Scientific papers*, vol. 2, pp. 152–61. Cambridge: Cambridge University Press, 1928; New York: Johnson Reprint, 1971.
- BRITO, Ana Paula de Oliveira Pereira de Morais. *Nettie Maria Stevens e suas contribuições para a teoria cromossômica: estudos sobre a determinação de sexo*. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: PUC, 2004.
- DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle of life* [1859]. Sixth edition. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952 (Great Books of the Western World 49).
- . *The variation of animals and plants under domestication*. 2 vols. London: Murray, 1868.
- GALTON, Francis. The average of each several ancestor to the total heritage of the offspring. *Proceedings of the Royal Society* **61**, p. 401–413, 1897. Reeditado em: JAMESON, D. L. (ed.). *Evolutionary Genetics*. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, 1977, pp. 32–44.
- JOHANNSEN, Wilhelm Ludwig. The genotype conception of heredity. *The American Naturalist* **45**: 129–59, 1911.
- LAURENT, Goulven. Um néo-Lamarckien américain, Edward Drinker Cope (1840–1896). *Révue de Synthèse* (95/96): 297–309, 1979.
- McCLUNG, Clarence Erwin. A peculiar nuclear element in the male reproductive cells of insects. *Zoological Bulletin* **2**:188–97, 1899.
- . Notes on the accessory chromosome. *Anatomische Anzeiger* **20**: 220–26, 1901.
- . The accessory chromosome: sex-determinant? *Biological Bulletin* **3**:43–84, 1902.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria da progressão dos animais de Lamarck*. [Dissertação de Mestrado]. Campinas: UNICAMP, 1993.
- . *A teoria cromossômica: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. [Tese de Doutorado]. Campinas: UNICAMP, 1997.
- . A cadeia dos seres vivos: a metodologia e epistemologia de Lamarck. Pp. 40–6. in: ALVES, I. M. & GARCIA, E. M. (Eds.). *Anais do VI Seminário de História da Ciência e Tecnologia da Sociedade Brasileira de História da Ciência*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 1997(a).
- . Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. *Episteme*. **2** (3): 33–54, 1997(b).
- . A história da ciência e o ensino da biologia. *Ciência e Ensino* **5**: 18–21, 1998.
- . McClung e a determinação do sexo: do equívoco ao acerto. *História Ciências Saúde. Manguinhos* **6** (2): 236–256, 1999(a).
- . William Bateson: da evolução à genética. *Episteme Filosofia e História da Ciência em Revista* **8**: 67–88, 1999 (b).

———. Did Sutton and Boveri propose the so called “Sutton-Boveri chromosome hypothesis”? *Genetics and Molecular Biology* **22** (2): 261–71, 1999 (c).

———. Hugo de Vries y evolución: la teoría de la mutación. Pp. 259–266. In: GARCÍA, Pío; MENA, Sergio & Víctor Rodríguez (eds.). *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de trabajos de las X Jornadas*. Vol. 6, n° 6., Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2000.

———. Um achado inusitado no laboratório de Morgan: a *Drosophila* de olhos brancos. Pp. 227–56, in: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria & BELTRAN, Maria Helena Roxo (orgs.). *O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial*. São Paulo: EDUC, 2002 (a).

———. Bateson e o programa de pesquisa mendeliano. *Episteme. Filosofia e História da Ciência em Revista*, n° 14: 27–55, 2002 (b).

———. Herbert Spencer e o neo-lamarckismo: um estudo de caso. Pp. 281–289. In: MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A.C. P.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H. (eds.). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3° Encontro*. Campinas: AFHIC, 2004.

———. *Materials for the study of variation* de William Bateson: um ataque ao Darwinismo? 2006 [Aceito para publicação].

MENDEL, Gregor. Experiments in plant hybridisation [1866]. Trad. C. T. Druery. Pp. 335–79. In: BATESON, William. *Mendel's principles of heredity*. Cambridge: Cambridge University Press, 1913.

MOORE, John A. Science as a way of knowing-genetics. *American Zoologist* **26** (3): 583–747, 1986.

OLBY, Robert. *Origins of Mendelism*. London: Constable, 1966.

RUTHERFORD, F. J. & AHLGREN, A. *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press, 1990.

SANDLER, Iris & SANDLER, Laurence. On the origin of Mendelian genetics. *American Zoologist* **26** (3): 753–768, 1986.

WANSCHER, J. H. The history of Wilhelm Johannsen's genetical terms and concepts from the period of 1903 to 1926. *Centaurus* **19**: 125–47, 1975.