

# **Conhecimentos básicos de Genética nos livros didáticos e na literatura de referência: Aproximações e Distanciamentos**

## **Basic Genetics knowledge in textbooks and in reference sources: laxity and rigor.**

**Fernanda Franzolin**

Universidade de São Paulo / Universidade Federal do ABC  
fernanda.franzolin@ufabc.edu.br

**Nelio Bizzo**

Universidade de São Paulo  
bizzo@usp.br

### **Resumo**

Nesta pesquisa foram analisados conteúdos de genética procurando comparar os conhecimentos dos livros didáticos de Ensino Médio com os conhecimentos de uma bibliografia de referência em dois contextos: Brasil e Estados Unidos. A metodologia de análise considerou tanto a importância do rigor do conhecimento presente nos livros didáticos com relação ao conhecimento científico, como a necessidade de transposição didática. Não foram identificados erros conceituais, mas encontramos alguns distanciamentos que podem dificultar a compreensão dos estudantes. A maioria dos distanciamentos encontrados não ocorrem nas ideias centrais referentes aos conteúdos em si em ideias acessórias a eles relacionadas. Espera-se, entretanto, que a identificação de tais distanciamentos possa contribuir para o aprimoramento da transposição didática relacionada a tais conhecimentos.

**Palavras chave:** Ensino de Genética. Livros didáticos. Transposição didática

### **Abstract**

In this research the presentation of genetics topics comparing high school textbooks to a bibliography of references in two contexts: Brazil and United States. In the textbook analysis, we considered the importance of rigor in scientific knowledge and the necessity of didactic transposition. The results showed that the relative frequency of approximations to the reference knowledge was higher than the relative frequency of differences from the reference knowledge. The frequencies of differences were almost the same in both contexts: 0.081 in Brazilian textbooks and 0.085 in American textbooks. We did not find conceptual errors, but we identified some epistemic distances which can make it difficult for students to understand. The majority of epistemic distances occurred not in the main ideas of the topics but in marginal details related to it. However, the identification of these differences may be useful for improving the didactic transposition of knowledge in Genetics.

**Key words:** Genetics education. Textbooks. Didactic transposition.

## Introdução

O conhecimento científico, apesar de sua complexidade, se caracteriza por sua confiabilidade, gerada pelo consenso entre a comunidade científica (ZIMAN, 1985). Uma função importante do ensino escolar é ensinar o conhecimento produzido pela Ciência (LOPES, 1999), não diminuindo o valor de outros modos de saber, mas sim permitindo que o aluno desenvolva uma compreensão de mundo compatível com o conhecimento científico (COBERN, 1996).

Dentre os saberes produzidos pela Ciência, os conhecimentos de Genética apresentam grande relevância, seja pela sua importância para as várias áreas das Ciências Biológicas, seja por sua conexão com diversos aspectos do cotidiano dos indivíduos (GRIFFITHS *et al.* 2006). Os livros didáticos são recursos que, de alguma forma, disponibilizam para os alunos conhecimentos da área. Preocupados com os atributos de tais materiais, tanto pesquisadores como entidades governamentais e associações vêm desenvolvendo análises desses livros sobre diversos aspectos. Vários pesquisadores têm encontrado elementos que merecem ser melhorados nesses materiais, inclusive na área de Genética (ex: EL HANI *et al.*, 2007; ESCRIBANO; SAHELICES, 2004; GERICKE; HAGBERG, 2007; MELO; CARMO, 2009).

Os conteúdos disponíveis nos livros didáticos requerem uma transposição didática (CHEVALLARD, 1991), ao mesmo tempo em que precisam de certo rigor com relação ao conhecimento produzido pela Ciência (FRANZOLIN, 2007). Como frutos desse processo, os livros didáticos podem ser passíveis de diferentes tipos de distanciamentos com relação ao conhecimento científico, podendo esses distanciamentos ser necessários e positivos ou até mesmo agravantes para sua qualidade, como pesquisas anteriores revelaram (DEL CARLO, 2007; FRANZOLIN, 2007; LEMOS, 2009; NARCISO Jr., 2008).

Diante destes aspectos, a presente pesquisa procurou verificar como, ao estarem presentes nos livros didáticos, esses conhecimentos considerados básicos se aproximam e se distanciam dos saberes acadêmicos, analisando livros utilizados em dois contextos: Brasil e Estados Unidos.

## Metodologia

Os conteúdos analisados são aqueles preponderantemente mencionados como básicos para o Ensino Médio por professores de Biologia que lecionam nesse nível de ensino e por docentes universitários que ensinam tópicos da área: *Meiose*, *Leis de Mendel* e *Expressão gênica* (FRANZOLIN, 2012).

Quanto aos livros didáticos brasileiros para o Ensino Médio, optou-se por analisar três livros de Biologia aprovados pela avaliação do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio. Julgou-se essa amostra pertinente, pois viabilizaria a análise de livros que foram distribuídos pelo Ministério da Educação para serem utilizados nos últimos anos em escolas públicas de todo o Brasil.

Ao entrevistar professores da *High School* no Estado de Michigan (EUA) foram questionados sobre quais livros didáticos estão utilizando com seus alunos. Eles mencionaram alguns diferentes livros, dos quais, três também foram analisados nesta pesquisa.

Ao analisar livros de contextos diferentes, pretendia-se verificar se os resultados encontrados no Brasil eram específicos para a localidade ou poderiam ser similares aos encontrados em outro contexto.

Para verificar como os conteúdos de Genética são apresentados pelos livros didáticos e a relação de aproximação e distanciamento que mantêm com o conhecimento produzido pela Academia, utilizou-se como representante uma bibliografia de referência. Para tanto, escolheu-se a bibliografia adotada pelo curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo no ano de 2009, a qual se caracteriza por ser oficialmente aprovada pelo Conselho de Graduação e mencionada nas ementas oficiais das disciplinas desse curso.

A bibliografia básica da disciplina *BIO0203 Genética* (GRIFFITHS *et al.*, 2008) foi adotada como a principal bibliografia de referência. Por esse motivo, optou-se por realizar o seu estudo crítico para verificar suas limitações e suas potencialidades. Entretanto, outras obras adotadas pelo referido curso também foram consultadas quando um distanciamento entre o conteúdo presente na principal obra de referência e o no livro didático era identificado ou quando essa principal obra de referência não continha informações suficientes para a comparação de um determinado conhecimento.

Para estimar como os conhecimentos presentes nos livros didáticos se distanciam e se aproximam do conhecimento de referência, seria, então, utilizada e refinada uma metodologia desenvolvida colaborativamente em pesquisas anteriores (DEL CARLO, 2007; FRANZOLIN, 2007; NARCISO-JUNIOR, 2008). Essa permite tanto apontar conhecimentos que estão distantes do conhecimento científico como considerar a necessidade dos distanciamentos para a compreensão do aluno em seu desenvolvimento etário.

A metodologia trata da comparação entre o conhecimento presente nos materiais didáticos e aqueles presentes na bibliografia de referência. Entretanto, ao concordar com Chevallard (1991) que o conhecimento escolar é constituído pela transformação do objeto de saber em objeto de ensino, propomos neste trabalho uma nova forma de considerar essa transposição didática durante a análise de materiais didáticos.

Neste novo olhar, o essencial é que se considera, nesta metodologia, que o conhecimento escolar está sujeito a duas fontes de influências. Uma seria o *laxismo*, que tende a distanciar o conhecimento a ser ensinado do conhecimento científico, visando deixá-lo mais acessível àquele que aprende. A outra influência seria o *rigorismo*, que tende a se opor a essa tendência, aproximando o conhecimento a ser ensinado do conhecimento científico, buscando sua correção e compromisso com os cânones científicos. Ambas influências são essenciais na constituição do conhecimento escolar e atuam conjuntamente, tendendo a deslocar o conhecimento em sentidos opostos. A ausência de uma delas poderia gerar conhecimentos inacessíveis para quem aprende ou descompromisso com o conhecimento aceito pela comunidade científica.

Sofrendo a ação dessas duas forças, o conhecimento ensinado na escola se distancia do conhecimento de referência. A metodologia aqui adotada se diferencia de outras metodologias de análise de livros didáticos. Visa a considerar que os distanciamentos não possuem sempre a mesma natureza e que alguns podem ser mais necessários do que outros, ao mesmo tempo em que se reconhece a necessidade de impor limites a eles. Portanto, não se pretende nesta análise identificar “erros” em livros didáticos e tratá-los todos da mesma forma. Há diferentes tipos de flexões conceituais, aqui denominadas “distanciamentos”, e nem todas elas podem ser consideradas negativas ou mesmo “erros conceituais”.

A análise desenvolvida nesta pesquisa, optou por classificá-los em categorias referentes à sua implicação:

*Facilitadores para o conhecimento* (f): Importantes para a compreensão do conteúdo que está sendo ensinado;

*Mantenedores da essência do conhecimento* (m): Não são necessários para a facilitar a compreensão do conhecimento, mas também não a afetam negativamente;

*Entraves à compreensão de conhecimentos pontuais* (ep): causam a não-compreensão de um conhecimento específico, apesar de não interferirem negativamente na compreensão de um conhecimento central;

*Entraves à compreensão de conhecimentos centrais* (ec): dificultam ao aluno a compreensão de um conhecimento central para o entendimento de um conteúdo;

*Entraves à compreensão de conceitos centrais com graves implicações sociais pessoais* (ecg): trazem prejuízos graves para o aluno, podendo colocar sua integridade física ou psicológica em risco. Exemplos desse último tipo são aqueles encontrados em livros excluídos pelo PNLD, tais como instruções erradas de primeiros socorros para acidentes ofídicos, que colocavam as vítimas em risco, ou afirmações de que a síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS) se propaga por qualquer contato físico (BIZZO, 2000).

## Resultados e discussão

Os resultados mostram que as aproximações são mais frequentes que os distanciamentos (com frequência relativa de 0,08).

Em pesquisa anterior (FRANZOLIN, 2007), realizada com conteúdos de diversas áreas da Biologia, cuja amostra de livros analisada incluía não apenas livros aprovados, mas também livros reprovados no PNLEM 2007 e PNLD 2005, encontrou-se uma frequência maior de distanciamentos. Apenas com relação aos distanciamentos aqui considerados como entraves à compreensão dos alunos, encontrou-se no referido trabalho uma frequência relativa de 0,27 dentre dos conhecimentos de livros de Ciências do Ensino Fundamental, e de 0,17 nos livros de Biologia de Ensino Médio.

Desse modo, a frequência de distanciamentos de 0,08, encontrada pela presente pesquisa, pode ser decorrente tanto do fato de a transposição didática ser menos necessária nesse nível de ensino, como pela busca de rigor com o conhecimento científico, a qual pode estar influenciada pelas avaliações de livros didáticos das localidades. Como é possível verificar em El-Hani *et al.* (2007), livros que foram reprovados na avaliação do PNLEM 2007 apresentavam problemas para a compreensão de conteúdos relacionados à Genética e à Biologia Molecular, tais como meiose, mitose, código genético, estrutura e dinâmica do material genético e conceito de gene, entre outros. Segundo os autores, tais problemas poderiam prejudicar não apenas a compreensão do conteúdo em si, mas de outros tópicos a eles conectados, tais como reprodução e Evolução.

É ainda possível observar que, mesmo tendo um contexto diferente de avaliação e adoção de livros didáticos, os grupos de materiais dos dois contextos possuem frequências relativas de distanciamentos próximas (0,081, na amostra brasileira e 0,085, na amostra estadunidense).

Alguns exemplos de distanciamentos encontrados encontram-se na tabela 1.

Conhecimento de Referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Cat <sub>i</sub>
Na primeira divisão da meiose, os <i>homólogos</i> encontram-se aos pares ao estarem dispostos no equador da célula	Na primeira divisão da meiose, os <i>bivalentes</i> encontram-se aos pares ao estarem dispostos no equador da célula	ec
Entre a primeira e a segunda divisão da meiose <i>pode</i> ocorrer uma intérfase	Entre a primeira e a segunda divisão da meiose <i>ocorre</i> uma intérfase	ep
A linhagem pura é aquela que, quando cruzada consigo mesma, produz indivíduos <i>iguais quanto ao fenótipo em questão</i>	A linhagem pura é aquela que, quando cruzada consigo mesma, produz <i>indivíduos iguais a si</i>	ec
Um par de <i>genes</i> é necessário para a determinação de uma característica	Um par de <i>genes alelos</i> é necessário para a determinação de uma característica	m
Um gene ou um cístron pode produzir <i>um ou mais</i> tipos de polipeptídios	Cada gene é responsável pela produção de <i>um</i> polipeptídio	ec
A síntese de RNA ocorre no nucleóide, <i>no caso dos procariontes</i>	A síntese de RNA ocorre no núcleo	ep

Tabela 1: Exemplos de distanciamentos encontrados entre os livros didáticos de Ensino Médio brasileiros e estadunidenses analisados e a referência (Cat<sub>i</sub> = Categorias de implicações do distanciamento; m = mantenedores da essência do conhecimento; ep = entraves à compreensão de conhecimentos pontuais; ec = entraves à compreensão de conhecimentos centrais)

Conforme pode-se notar no gráfico 1 a presente pesquisa não considerou nenhum dos encontrados como *entraves à compreensão de conhecimentos centrais com graves implicações sociais*, pode-se dizer que nenhum deles se caracteriza como *erro conceitual*.

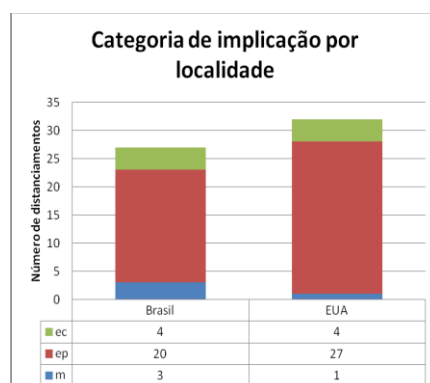


Gráfico 1 - Número de distanciamentos por categoria de implicação dentro de cada localidade (m = mantenedores da essência do conhecimento; ep = entraves à compreensão de conhecimentos pontuais; ec = entraves à compreensão de conhecimentos centrais)

De acordo com a definição utilizada durante vários anos em processos oficiais de avaliação de livros didáticos e apresentada por Bizzo (2009), um erro conceitual apresenta um conjunto de características próprias que devem ocorrer simultaneamente:

- estar baseado em premissas que não são aceitas pela comunidade científica;
- constituir uma forma de conceber e explicar relações (modelo mental);
- estar fundamentado em conhecimentos adaptativos no contexto escolar;
- demonstrar-se falso e não adaptativo em situações da vida real. (BIZZO, 2009, p. 45)

Não apresentando todas essas características, os distanciamentos aqui encontrados não podem ser considerados erros conceituais. Mesmo os distanciamentos categorizados como *entraves à compreensão de conhecimentos centrais* também não podem ser categorizados como erros conceituais, pois não fazem parte de um modelo mental. Em geral, esses distanciamentos não

trazem prejuízos a vida real do aluno, e/ou podem ter sido gerados por pequenos descuidos ou má elaboração dos textos, distorcendo as ideias que se pretendiam expressar. Isso pode ser evidenciado quando os demais conhecimentos relacionados presentes no texto não compartilham essa informação, apresentando uma outra estrutura de pensamento.

Por exemplo, quando um dos livros diz que os *bivalentes* encontram-se aos pares ao estarem dispostos no equador da célula, o aluno que sabe o que é um bivalente poderia interpretar que haveria um emparelhamento entre dois pares de cromossomos homólogos, e não, simplesmente, dois cromossomos homólogos. Desse modo, estariam juntos nesse emparelhamento quatro cromossomos, e não apenas os dois homólogos. Entretanto, é possível verificar que tal raciocínio não faz parte do modelo mental dos autores, já que as demais informações referentes ao emparelhamento que ocorre durante a divisão celular mostram que o emparelhamento ocorre entre um par de cromossomos homólogos, e não dois.

Todavia, tais distanciamentos merecem atenção, pois são aqueles que podem dificultar a compreensão das ideias essenciais dos conteúdos considerados básicos por docentes e professores entrevistados na primeira parte desta pesquisa.

Quando um livro diz que os bivalentes posicionam-se aos pares no equador da célula durante a primeira divisão da meiose, isso pode causar confusões quanto ao número de cromossomos, como eles se emparelham e são distribuídos. Se o aluno não compreende quantos cromossomos estão participando do processo e como eles se emparelham e depois se separam, fica difícil compreender o fundamental da meiose, que é a distribuição dos cromossomos. Lewis e Wood-Robinson (2000) identificaram que alunos possuem dificuldade para compreenderem como ocorre a distribuição dos cromossomos na divisão celular, a qual pode ser ainda mais dificultada por informações como essa, encontrada na amostra de livros analisada.

Apesar de serem mais problemáticos para a compreensão dos alunos, por estarem relacionados às ideias principais dos conteúdos a eles relacionados, os distanciamentos considerados como *entraves à compreensão de conhecimentos centrais* não foram os predominantemente identificados. A maioria dos distanciamentos encontrados nesta pesquisa foram categorizados quanto à sua implicação como *entraves à compreensão de conhecimentos pontuais*, levando ao questionamento da importância que os autores dão aos detalhes. Parece ser uma atribuição de importância contraditória. Por exemplo, quando o autor diz que o códon de início do processo de tradução é o AUG, demonstra dar importância para esse detalhe pelo simples fato de apresentá-lo em um livro didático. Entretanto, ao tratar essa informação como se fosse geral, como se ocorresse em todos os seres vivos, os autores deixam de lhe dar importância.

## **Conclusões e considerações finais**

Conclui-se que, na amostra analisada, as aproximações são mais frequentes do que os distanciamentos, possivelmente devido ao maior rigor com relação ao conhecimento científico, tanto decorrente da menor necessidade da pedagogização e da didatização para o Ensino Médio, como também devido à influência das avaliações de livros didáticos. Verificou-se, ainda, que, apesar das diferenças dos processos de avaliação e adoção de materiais didáticos no Brasil e nos Estados Unidos, as frequências de distanciamentos nos materiais dos dois contextos são muito similares.

A análise realizada permitiu classificar os distanciamentos aqui identificados em diferentes categorias, de modo que eles não fossem simplesmente considerados como erros conceituais.

Inclusive, concluiu-se que nenhum deles poderia de fato ser assim denominado, por não apresentar todos os requisitos para tanto.

Entretanto, a maioria dos distanciamentos encontrados são aqueles que dificultam o aprendizado de elementos de conhecimentos que não estão relacionados às ideias centrais dos conteúdos. Ao mesmo tempo em que os autores demonstram considerar tais informações significantes ao mencioná-las, demonstram o oposto, quando dão menor atenção a seu rigor com relação ao conhecimento científico.

Os dados aqui apresentados podem ser utilizados para o provimento dos livros didáticos, seja pelos autores que escrevem tais obras, seja por avaliadores que terão que verificar a qualidade desses materiais. Esta pesquisa também poderá servir de base para que outros conteúdos sejam analisados por outros pesquisadores, levando-se em consideração os instrumentos metodológicos aqui utilizados, os quais constituem uma alternativa às investigações que simplesmente identificam qualquer distanciamento presente no livro didático como um erro conceitual. Ademais, os resultados podem ser utilizados também para que os professores, ao possuírem conhecimento de tais possibilidades de distanciamentos, possam realizar as intervenções necessárias em sala de aula para evitar as consequências daqueles que possam ser entraves à compreensão de conhecimentos.

## Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pelo apoio concedido.

## Referências

BIZZO, N. **Mais Ciência no Ensino Fundamental**: metodologia de ensino em foco. São Paulo: Editora do Brasil, 2009. 142 p.

\_\_\_\_\_. Falhas no ensino de Ciências: Erros em livros didáticos ainda persistem em escolas de Minas e São Paulo. **Ciência Hoje**. v. 27, n. 159, p. 26-31. 2000.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica**: Del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

COBERN, W. W. Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. **Science Education**, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.

DEL CARLO, S. **Conceitos de Física na educação básica e na Academia: aproximações e distanciamentos**. 2007.97 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; VANZELA, *et al.* Brazilian High School Biology Textbooks: Main Conceptual Problems in Genetics and Cell & Molecular Biology. In: INTERNATIONAL MEETING ON CRITICAL ANALYSIS OF SCHOOL SCIENCE TEXTBOOK, 2007, Hammamet, Tunisie. **Proceedings...** Hammamet, Tunisie: International Organisation for Science and Technology Education, 2007.

ESCRIBANO, D. D.; SAHELICES, C. C. Imágenes externas de gen y cromosoma en materiales instruccionales para la enseñanza de la Biología en el sistema educativo venezolano. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 2, p. 74-86, 2004.

FRANZOLIN, F. **Conceitos de Biologia na educação básica e na Academia: aproximações e distanciamentos**. 2007. 162 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRANZOLIN, F. **Conhecimentos básicos de Genética segundo professores e docentes e sua apresentação em livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos**. 2012. 416 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GERICKE, N. M.; HAGBERG, M. The phenomenon of gene function as described in textbooks for upper secondary school in Sweden - a comparative analysis with historical models of gene function. In: INTERNATIONAL MEETING ON CRITICAL ANALYSIS OF SCHOOL SCIENCE TEXTBOOK, 2007, Hammamet, Tunisie. **Proceedings...** Hammamet, Tunisie: International Organisation for Science and Technology Education, 2007.

GRIFFITHS, A. J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M. **Introdução à genética**. 8. ed.. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 743 p.

GRIFFITHS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; CARROLL, S. B. **Introduction to Genetic Analysis**. 9.<sup>th</sup> ed. New York: Feeman and Company, 2008. 838 p.

LEMOS, C. B. **Análise de conteúdos de nutrição em livros didáticos do ensino fundamental**. 2009. 205p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

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.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999. 236 p.

MELO, J. R.; CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no Ensino Médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 593-611, 2009.

NARCISO-JUNIOR, J. **Conceitos de Química na educação básica e na Academia: aproximações e distanciamentos**. 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ZIMAN, J. **Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad**. México: Fondo de Cultura Económica, 1985. 243 p.