

Manuais Didáticos de Genética: análise epistemológica

Regiani Magalhães de Oliveira Yamazaki¹

Sérgio Choiti Yamazaki²

Geovana Mulinari Stuari³

Resumo: Pesquisas apontam que o manual didático é um elemento fundamental para o trabalho docente, podendo exercer um papel coercitivo na formação de concepções sobre o conhecimento e sua aplicabilidade. O manual tem o potencial de formar concepções epistemológicas e didático-pedagógicas sobre os temas e os conteúdos que tratam de abordar, o que justifica uma investigação que visa fornecer análises que apontam para certas especificidades e perspectivas nele encontradas. Nesse contexto, analisamos a influência que os manuais didáticos de Genética mais citados em Projetos de Cursos de Licenciaturas em Ciências Biológicas de 3 universidades do Estado de Mato Grosso do Sul podem proporcionar com relação à formação de concepções no entorno do fenômeno splicing alternativo. O objetivo do trabalho é identificar como o conceito de gene é abordado nos manuais didáticos em relação ao splicing alternativo. As análises mostram distorções com relação à introdução deste conceito, podendo proporcionar uma visão epistemológica e social equivocada da atividade científica, levando a necessidade de reflexões e ações que indiquem mudanças na estrutura e na dinâmica destes materiais instrucionais.

Palavras chave: manuais didáticos, epistemologia, splicing alternativo.

Textbooks of Genetics: epistemological analysis

Abstract: Research indicates that the textbook is a key element for teaching and can exert a coercive role in shaping conceptions of knowledge and its application. The textbook has the potential to form epistemological and pedagogical conceptions on the topics and contents that address, which justifies an investigation that aims to provide analyzes that point to certain characteristics and perspectives. In this context, this research analyzed the influence that textbooks Genetics most cited in Undergraduate Courses Projects in Biological Sciences of 3 state universities of Mato Grosso do Sul can provide with respect to the formation of concepts surrounding the alternative splicing phenomenon. The objective is to identify how the gene concept is discussed in textbooks in relation to alternative splicing. Analyzes show misconceptions regarding the introduction of this concept, providing an epistemological and social distorted view of scientific activity, leading to the need for reflection and actions that indicate changes in the structure and dynamics of these instructional materials.

Key words: textbook, epistemology, alternative splicing.

¹ Doutoranda em Educação Científica e Tecnológica – UFSC, BR. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, BR. regianibio@gmail.com

² Doutor em Educação Científica e Tecnológica – UFSC, BR. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, BR. sergioyamazaki@uems.br

³ Doutora em Educação Científica e Tecnológica – UFSC, BR. Universidade Comunitária Regional de Chapecó – UNOCHAPECÓ, BR. geovana.mulinari@gmail.com

Introdução

Segundo Griffiths e Neumann-Held (1999), o conceito de gene apresenta controvérsias e especulações devido às várias definições normalmente encontradas no dia a dia: um arquivo hereditário mendeliano para um determinado traço físico ou comportamental; um carregador de doença/saúde; uma informação compartilhada entre diferentes espécies de seres vivos; uma receita química para sintetizar proteínas; um computador molecular para ligar/desligar outros genes; uma unidade de seleção natural e um dispositivo para extrair informação do ambiente.

Esse variado número de definições de gene para que tanto na imprensa especializada como na leiga, por meio de um determinismo gênico, tratasse o termo como uma entidade milagrosa, capaz de erradicar males que consomem a sociedade – tais como tumores, esquizofrenia, síndrome bipolar, solução de conflitos sociais e inter-étnicos –, ou como um elemento capaz de aperfeiçoar animais e plantas, de resolver questões forenses e de a construir árvores genealógicas.

Além disso, as promessas e perspectivas tecnológicas em torno do gene pode fazer com que a compreensão sobre este conceito passe despercebida.

Nesse sentido, as dificuldades envolvidas para compreensão de concepções atuais sobre este tema, como a de que o *splicing* alternativo trata-se de um processo que problematiza o determinismo gênico, tornam-se ainda maiores. Esse cenário mostra que a proposta dos íntrons fragilizou o conceito molecular clássico de gene a ponto de tornar-se insustentável sua definição teórica.

O *splicing* alternativo é um processo pelo qual, durante a expressão gênica, éxons de um transcrito primário são clivados em locais diferentes na molécula de RNA recém-sintetizada, e as enzimas que exercem a função de *splicing* são sustentadas pelo domínio do braço de carboxila do complexo da RNA polimerase II. Deste modo, com as diferentes composições dos íntrons que foram removidos, os mRNA maduros são compostos de bases com sequências diferentes, implicando assim em códons diferentes e consequentemente em polipeptídeos com sequências de aminoácidos distintas, o que constitui proteínas de diferentes funções que foram codificadas por um mesmo gene.

O processo *splicing* alternativo é pertinente porque rompe com a compreensão de que um gene é um segmento do DNA que codifica um produto funcional (polipeptídeo ou RNA), ou seja, rompe com o conceito molecular clássico de gene.

Esta descontinuidade na ciência surpreendeu os cientistas que por muitos anos se dedicaram a analisar tanto a estrutura do gene quanto seus mecanismos de expressão

(ALONI *et al.*, 1977; BERGET *et al.*, 1977; BRACKK & TONEGAWA, 1977; BREATHNACH *et al.*, 1977; CHOW *et al.*, 1977, GLOVER & HOGNESS, 1977; JEFFREYS & FLAVELL, 1977; SAMBROOK, 1977; WILLIAMSON, 1977; GILBERT, 1978; CHAMBON, 1981), Como resultado, os íntrons, sendo um elemento que desafia o conceito molecular clássico de gene, acaba se constituindo como um campo de controvérsias científicas.

De acordo com Joaquim e El-Hani (2010) e Solha (2005) o conceito de gene vem sendo objeto de controvérsia crescente, no início no campo da filosofia da biologia, e atualmente na Biologia. Meyer, Bonfim e El-Hani (2013) afirmam que devido à crise do conceito molecular clássico de gene, este deve ser tratado no momento como um assunto controverso na estrutura do pensamento biológico.

As controvérsias sobre o conceito de gene apresentam dois distintos pontos de vista: um grupo compreende que, com a descoberta dos íntrons e de outros fenômenos moleculares, o gene chegou ao limite de seu poder explicativo (LEITE, 2003; KELLER, 2002); outro grupo acredita que as dificuldades em definir (unívoca e inequivocamente) o gene são intrínsecas à natureza do próprio conhecimento científico (DOWNES, 2004; FALK, 1986; GRIESEMER, 2000; GRIFFITHS, NEUMANN-HELD, 1999).

De acordo com Solha (2005), estas controvérsias mostram que o conceito de gene e a teoria genética buscam eliminar anomalias que ocorrem durante a experimentação biológica com os genes.

Muito embora a controvérsia do conceito de gene entre filósofos e biólogos tenha se constituído num campo de pesquisa, com fóruns, debates, palestras etc., esta discussão parece passar despercebida na sala de aula na formação de professores de Biologia.

Os autores Ramos, Neves e Corazza (2011) apontam que muitos professores que lecionam no ensino superior apresentam concepções matizadas pelos valores do cientificismo moderno, como a crença de uma construção linear e cumulativa da ciência.

Joaquim (2009) publicou uma pesquisa onde relatou que acadêmicos do curso de Ciências Biológicas de duas universidades do Estado da Bahia não entendiam como os íntrons poderiam desafiar o conceito de gene. Este trabalho pressupõe que um dos aspectos que contribuiu para esta dormência crítica dos estudantes (relacionadas aos íntrons, como uma descoberta que desafia o conceito molecular clássico de gene) pode estar relacionada com a forma com que os fenômenos são abordados em livros didáticos do ensino médio (SANTOS, EL-HANI, 2009) e superior (PITOMBO *et al.*, 2008). Os autores afirmam que

a discussão explícita sobre como um novo conhecimento poderia desafiar um saber já estabelecido não deve estar presente nos livros.

Nesse contexto, este trabalho busca apresentar resultados de parte das análises de uma pesquisa que tem como objetivo analisar como o conceito de gene é abordado em relação ao *splicing* alternativo nos Manuais (ou livros-textos), utilizados nos Cursos de Formação Inicial de Professores de Ciências e Biologia, citados nos Projetos Político-Pedagógicos de Universidades Públicas do Estado de Mato Grosso Sul.

Esta pesquisa se justifica na medida em que as investigações da área mostram que conceitos científicos, inseridos nos manuais didáticos, podem apresentar para o aluno uma imagem distorcida de produção do conhecimento científico. Não raro, muitos conceitos apresentados nos livros textos podem promover uma imagem de ciência como um empreendimento livre de concepções prévias, portanto, neutras, apolíticas e dogmatistas, além de continuístas e cumulativas.

O fato de investigar o livro de ensino universitário, parte da compreensão de que ele é um elemento que pode determinar a concepção que o professor apresentará sobre ciência, pois trata-se de um material muito presente tanto na formação inicial do professor (PRO CHEREGUINI, PRO BUENO, 2011) quanto de suas atividades profissionais diárias (ROSA, MOHR, 2010; AMARAL, XAVIER, MACIEL, 2009) para consultas ou aprofundamentos teóricos sobre determinados temas escolares. Buscamos, portanto, investigar a dinâmica com que o conceito de gene é introduzido, nos manuais de genética mais citados nos projetos político pedagógicos de Universidades Públicas de Mato Grosso do Sul, com a intenção de contribuir com outros pesquisadores e professores que tratam de desenvolver atividades dentro deste tema.

Metodologia

Para responder aos questionamentos da pesquisa foram acessados, via on-line, os Projetos Político-Pedagógicos (PPPs) dos cursos de licenciatura de Ciências Biológicas das Universidades do Estado de Mato Grosso do Sul: a Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em **quatro** campus universitários (**Dourados, Coxim, Ivinhema**), cada qual com seu próprio PPP.

Selecionamos para análise os dois manuais mais citados nos PPP. Em seguida identificamos os capítulos onde o processo *splicing* alternativo era abordado. Assim, o objetivo é analisar se o processo de *splicing* alternativo, abordado nos manuais didáticos,

auxilia na compreensão de uma produção de conhecimento científico que visa a ruptura ou continuidade quanto a elaboração do conceito de gene.

Resultado e Discussão

As obras mais citadas nos PPPs foram de Gardner e Snustad (1986), e Griffiths et al. (1998), conforme tabela a seguir:

Manual de Genética	Instituições	Número de citações
BURNS, G. W. (1984)	UEMS (Coxim)	1
BURNS, g. w.; BOTTINO. P. J. (1991)	UEMS (Ivinhema, Dourados)	2
COSTA, S. O. P da (1987)	UFGD	1
FUTUYMA, D. J. (1992)	UEMS (Dourados)	1
GARDNER, J. G.; SNUSTAD, D. P. (1986)	UFGD, UEMS (Ivinhema, Coxim, Dourados)	4
GRIFFITHS, A. J. F. et al (1998)	UFGD, UEMS (Ivinhema, Coxim)	3
HOFFEE, P. A. (2000)	UEMS (Coxim)	1
JORDE, L. B. et al (2000)	UEMS (Coxim)	1
LEWIN, B. GENES VIL (1997)	UEMS (Coxim)	1
PIERCE, B. A. (2004)	UEMS (Ivinhema e Coxim)	2
RINGO, J. (2005)	UEMS (Ivinhema)	1
SNUSTAD, P. SIMMONS, M. J. (2001)	UEMS (Coxim)	1
TAMARIN, R. H. (2011)	UEMS (Ivinhema)	1
ZAHA, A. (1996)	UEMS (Coxim)	1

Tabela: Obras citadas nos PPPs de cursos de Licenciatura em Biologia de Universidades Públicas de MS

Analizamos o capítulo 8, intitulado “Expressão Gênica”, da obra de Gardner e Snustad, e o capítulo 12, intitulado “A natureza do Gene”, da obra de Griffiths *et al.*, pois são os capítulos onde o *splicing* alternativo é apresentado.

Os dois manuais apresentam o processo *splicing* alternativo em um contexto desprovido de uma discussão sobre as controvérsias envolvendo o conceito molecular clássico de gene, portanto, sem adequada contextualização social e epistemológica. Trata-se de uma introdução ao tema de forma a-histórica e despersonalizada, uma vez que

também não são citados os personagens que trabalharam no desenvolvimento deste tema e nem os problemas inerentes da área que levaram a essa proposta.

Nesse sentido, o conhecimento não é visto como uma construção humana permeada por complexas discussões entre indivíduos muitas vezes de distintas esferas da sociedade, ou seja, como uma elaboração coletiva. Um dos grandes problemas desta concepção é a imagem do conhecimento como algo pronto e acabado, portanto, não como parte de um processo em constante evolução, tal como um dos livros analisados apresenta a seguir:

Também entendemos as características mais importantes do mecanismo pela qual a informação armazenada nas sequências nucleotídicas das moléculas de RNA_m é convertida em sequências de aminoácidos nos produtos gênicos proteicos, em um processo chamada tradução. O código genético, que governa este processo de tradução, *foi resolvido completamente*. (GARDNER SNUSTAD, 1986, p.179, itálicos nossos)

Esta compreensão pode se constituir como um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1996), pois cristaliza-se algo que é dinâmico. Além disso, ao não contextualizar a produção do conhecimento no entorno deste fenômeno (o splicing) e nem mostrar a evolução histórica a partir da qual este fenômeno surge, oferece-se uma abordagem de ensino de viés dogmatista, não permitindo, portanto, a percepção de um fenômeno coerente com as ideias dos cientistas até o presente momento.

Uma das consequências é a dificuldade em aceitar o novo conhecimento devido à falta de plausibilidade no que tange ao contexto da descoberta (REICHENBACH, 1970). Dessa forma, trabalha-se a introdução de um tema caracterizado historicamente por se constituir como uma ruptura com a ciência vigente limitando-se ao contexto da justificação (REICHENBACH, 1970), não permitindo compreender o processo como algo plausível.

Esta forma de introduzir o tema no livro texto traz um impacto negativo para a formação do professor, em especial no de Biologia, pois dificulta a compreensão de um elemento complexo, controverso, referente ao conceito molecular clássico de gene, ao não se abrir para uma discussão dos aspectos científicos e sociais mais amplos que influenciaram na sua construção.

Somam-se a essas caracterizações com relação à introdução deste tema em manuais de genética, as percepções de que este conhecimento se produz de forma linear e cumulativa. A leitura de determinados trechos do livro pode levar ao entendimento de que na ciência há evidências construídas sem referência a sua história, o que é algo epistemologicamente problemático, pois pode levar a uma diversidade de entendimentos equivocados sobre o fazer científico já mostrados por outras pesquisas da área, como por

exemplo, o de que a ciência é elaborada arbitrariamente, por gênios que detém um “cérebro” incomum, que trabalham isoladamente, portanto, não acompanham outras pesquisas, o que aponta para um indivíduo que não trabalho coletivamente.

Em contraposição, para Bachelard (1996) a elaboração da ciência é um empreendimento que, de um lado, tem um sujeito que traz em sua bagagem cultural e científica certo arcabouço teórico, e, de outro, um objeto, real, independente dele; é a concepção de que o conhecimento é elaborado pelo sujeito racional ao mesmo tempo em que há uma contínua via de acesso à observação. Logo, afirmações que não sustentam uma discussão sobre as origens do conhecimento científico podem induzir o estudante à visão dogmática da ciência, e também a um empirismo, onde o experimento se apresenta de forma independente das concepções de quem o observa. A citação a seguir tem o objetivo de apresentar essa compreensão em um dos livros analisados:

Mesmo que o conceito um gene-um-polipeptídeo necessite de modificação ou refinamento no futuro, *é evidente* que a maioria dos genes exerce seus efeitos no fenótipo através dos polipeptídeos que codifica. (GARDNER; SNUSTAD, 1986, p.181, itálico nosso)

No processo do *splicing* alternativo, tanto em Gardner e Snustad (1986) como em Griffiths *et al* (1996), os íntrons e éxons são especificidades de células eucarióticas nos mecanismos de transcrição e tradução. Dentro dessa compreensão, a apresentação dos íntrons pode adquirir o caráter de que o conhecimento evolui por complexificações e de forma linear, por acúmulo de conteúdos, regras, noções.

A resistência à mudança, à ruptura, é acompanhada da persistência das afirmações que contemplam o modelo clássico de gene. Caminhando para o final do capítulo de Gardner e Snustad (1986), o modelo antigo é reafirmado por meio da colinearidade do gene, colinearidade esta que foi refutada com a incorporação dos íntrons por coletivos de cientistas que lidam com este tema de pesquisa. A citação a seguir tem o objetivo de ilustrar essa resistência à mudança:

A informação genética é armazenada em sequencias lineares de pares de nucleotídeos no DNA (ou nucleotídeos no RNA em alguns casos). A transcrição e a tradução convertem esta informação genética em polipeptídeo (sequências lineares de aminoácidos), os quais funcionam como intermediários-chave no controle genético do fenótipo. (...) Sabemos agora que as sequências de aminoácidos dos polipeptídeos e das sequencias de pares de nucleotídeos dos genes codificadores desses polipeptídeos são colineares. (...) A primeira evidência forte para a colinearidade dos genes e polipeptídeos resultou de estudos em um dos dois polipeptídeos da triptofano síntetase de *E. coli*. (...) A evidência definitiva para a colinearidade foi fornecida pelos estudos de sequenciamento correlacionados de ácido nucleico e polipeptídeo. (GARDNER SNUSTAD, 1986, p. 209).

As palavras “*sabemos agora; a primeira evidência forte; a evidência definitiva*” são elementos que podem encaminhar o licenciando à compreensão de que a ciência avança por meio de experimentos, que o sujeito (cientista) apenas apreende o que o objeto (fenômeno observado) tem a mostrar. Desta forma, a compreensão de que o conhecimento emerge da observação experimental pode ser edificada, induzida pela palavra *evidência*, acompanhada pelos adjetivos “forte e definitiva” que podem indicar que a ciência não é processual e sim algo pronto e acabado, como já apontamos neste trabalho. Neste contexto, o estudante pode entender o conhecimento científico como teoria elaborada a partir de puras observações, em uma concepção empirista de conhecimento.

Abaixo, os autores afirmam que a descoberta dos íntrons não apresenta uma ameaça ao conceito molecular clássico de gene:

Em eucariontes, os dados disponíveis, até o momento, suportam também a colinearidade, mas a sequência linear de pares de nucleotídeos em um gene que especifica um polipeptídeo colinear nem sempre pode consistir em pares nucleotídeos contínuos. Existem frequentemente sequências não codantes de íntrons intercalando-se entre as sequências codantes. (...). Isto não viola o conceito de colinearidade, mas apenas demonstra que as sequências de trincas de pares de bases no gene, que especifica códonos no mRNA e aminoácidos no polipeptídeo colinear, não são sempre ininterruptas (GARDNER SNUSTAD, 1986, p.208).

Esta compreensão é refutada por Walter Gilbert (1978) que argumenta que uma das consequências do modelo intrônico é que o dogma “um gene, uma cadeia polipeptídica” desaparece, pois o gene corresponderia agora a uma unidade de transcrição. Logo, esta unidade de transcrição, pode corresponder a não apenas um, como se estabelece no dogma “um gene, uma cadeia polipeptídica”, mas a diferentes cadeias polipeptídicas que podem apresentar funções celulares semelhantes ou não.

Para Waizbort e Solha (2007), e Joaquim e El-Hani (2010), o gene não é mais compreendido como uma unidade material ou unidade instrumental de herança, mas como uma unidade e/ou um segmento que corresponde a uma unidade de função, definido de acordo com as necessidades experimentais.

Antes de 1977, acreditava-se que as moléculas de RNA que transportam a informação genética para os ribossomos eram consideradas cópias fiéis do DNA, na qual cada molécula de RNA alinhava-se exatamente com a fita de DNA codificante. A sequência de bases nitrogenadas do gene apresentava uma correspondência direta em relação à sequência de aminoácidos a qual especificava.

No manual, Gardner e Snustad (1986) afirmam que a colinearidade do gene não é violada com a descoberta dos íntrons. Esta afirmação é polêmica e controversa, pois na

compreensão de Gilbert (1978) o dogma "um gene-uma cadeia polipeptídica" desaparece com a descoberta dos íntrons. Joaquim e El-Hani (2010) apontam que existência dos íntrons é um conhecimento que implica muitos desafios para manutenção de concepções tradicionais sobre o que é um gene. E Waizbort e Solha (2007) também compreende que à descoberta dos íntrons, nega a colinearidade, ou seja, o gene não é contínuo.

Os pesquisadores fazem outros apontamentos que problematizam o conceito molecular clássico de gene, como: os genes não têm uma localização fixa, pois existem transposons; não têm uma função definida, pois existem os pseudogenes; e não possuem sequências precisas, devido ao processamento alternativo.

Na obra de Griffiths *et al*, os autores abordam a importância da descoberta dos íntrons:

A descoberta deste processo (*splicing*) e a correspondente percepção de que os genes são "divididos", com regiões codificantes interrompidas por "sequências intercalantes", constitui uma das descobertas mais importantes da genética molecular na última década. (Griffiths *et al* 1998, p.385)

E estabelecem um contraponto com a ideia de colinearidade do gene, alertando que sua definição deve ser modificada:

Até então havíamos considerado um gene como uma sequência ininterrupta de ácido nucleico, codificando uma macromolécula funcional (RNA ou proteína). *O gene era colinear à proteína por ele codificada. Obviamente, esta definição de gene agora deve ser modificada, pois não corresponde a todos os casos.* (Griffiths *et al* 1998, p.386, itálicos nossos)

O livro notifica a necessidade de uma mudança quanto à definição do conceito gene. Mas qual é o impacto desta informação sobre a imagem de gene construída ao longo do manual didático, repleto de exemplos que contemplam o gene como um arquivo hereditário mendeliano para um determinado traço físico ou comportamental e como um veículo de doença/saúde? Ou seja, por meio do livro-texto, que imagem o licenciando constrói da/e sobre a ciência? Há espaço para discussões epistemológicas e abertura para reflexão em torno das possibilidades de ruptura entre os conceitos ou entre as teorias envolvidas nos cursos de formação de professores?

Destacamos também que esta visão determinista da ciência acarreta visões distorcidas a respeito do conceito também entre os próprios docentes. Schneider *et al* (2011) destaca em sua pesquisa realizada com docentes do ensino superior que estes em sua maioria não elencam elementos que desafiam o aspecto de unidade do gene. Os autores salientam que compreensões mais sistêmicas do gene, que permitem compreender a complexidade dos processos interativos foram pouco mencionadas.

Desta forma, destacamos que a concepção do conceito de gene presente nos manuais utilizados nos cursos de Ciências Biológicas estaria reforçando uma visão dogmática e empirista da ciência não somente junto aos licenciados, mas também junto aos seus formadores.

Considerações Finais

A análise tem como sustentação a consideração de que as informações contidas nos manuais e a dinâmica por eles adotada têm o potencial de formar concepções sobre os elementos ali trabalhados. É possível verificar se as possíveis concepções a serem formadas são congruentes com o que a literatura científica do campo educacional tem apontado nos últimos anos, e que são contempladas na própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), ou seja, de que a Educação Escolar deve proporcionar uma visão ampla do processo científico, no que tange aos aspectos sociais, políticos, econômicos e epistemológicos (REZENDE, 2002).

A formação do professor de Biologia é feita por meio de uma série de atividades e de estudos nos quais são envolvidos professores de várias áreas e com os mais distintos enfoques teóricos. Há, portanto, muitos elementos em jogo, desde as questões e concepções pedagógicas divulgadas pelos docentes, até as que são intrínsecas aos materiais que são utilizados em sala de aula.

Porém, o objetivo deste trabalho foi demonstrar concepções sobre ciências que podem se sobressair da leitura e estudo do manual de genética, ao considerá-lo material fundamental para formação do docente, por meio de um papel coercitivo capaz de trazer o licenciando para as noções do campo específico escolhido, e proporcionando por sua vez, a formação de uma imagem relacionada à construção do conhecimento científico.

Por meio das análises dos livros textos, há apontamentos de que os mesmos levam a compreensão de uma ciência dogmatista, continuísta, ausente de controvérsias científicas, sejam elas históricas ou atuais (YAMAZAKI, 2015), ou de elementos que poderiam problematizar a ruptura de um conhecimento anterior rumo ao novo conhecimento. Nos dois livros-textos as descobertas científicas contemplam uma descrição que permeia a compreensão da construção da ciência cumulativa.

Para o enfretamento deste problema, é pertinente a inserção de leituras voltadas às controvérsias científicas com o olhar voltado ao viés epistemológico sobre o tema a ser trabalhado em sala de aula. Esta metodologia poderá contribuir para problematizar junto a

formação de professores a desmistificação da ciência como sendo neutra, dogmatista, empirista e cumulativa.

Referências

- ALONI, Y. et al. Novel mechanism for RNA maturation: The leader sequences of Simian Virus 40mRNA are not transcribed adjacent to the coding sequences. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v.74, n.9, p.3686-3690, 1977.
- AMARAL, C. L. C.; XAVIER, E. da S.; MACIEL, M. de L.. Abordagem das relações Ciência/Tecnologia/Sociedade nos conteúdos e funções orgânicas em livros didáticos de Química do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.14, n.1, p.101-114, 2009.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Ed. Contraponto, 1996.
- BERGET, S. M.; MOORE, C.; SHARP, P. A. Spliced segments at the 5' terminus of adenovirus 2 late mRNA. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.74, n.8, p.3171-3175, 1977.
- BRACK, C.; TONEGAWA, S. Variable and constant parts of the immunoglobulin light chain gene of a mouse myeloma cell are 1250 nontranslated bases apart. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.74, n.12, p.5662-5656, 1977.
- BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº9.394, de 20/12/1996.
- BREATHNACH, R.; MANDEL, J. L.; CHAMBON, P. Ovalbumin gene is split in chicken DNA. **Nature**, v.270, n.5635, p.314-319, 1977.
- BURNS, G. W. **Genética**: uma introdução à hereditariedade. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984.
- BURNS, G. W.; BOTTINO, P. J. **Genética**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.
- CHAMBON, P.. Split genes. **Scientific American**, v.244, p.60-71, 1981.
- CHOW, L. T. et al. An amazing sequence arrangement at the 5' ends of Adenovirus 2 messenger RNA. **Cell**, v.12, n.1, p.1-8, 1977.
- COSTA, S. O. P. **Genética molecular e de microorganismos**: os fundamentos da engenharia genética. São Paulo: Ed. Manole, 1987.
- DOWNES, S. M. Alternative splicing, the gene concept, and evolution. **History and Philosophy of the Life Sciences**, v.26, n.1, p.91-104, 2004.
- FALK, R. What is a gene? **Studies in History and Philosophy of Science**, v.7, n.2, p.133-173, 1986.
- FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2ª ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.
- GARDNER, E. J.; SNUSTAD, D. Peter. **Genética**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. 497p.
- GILBERT, W.. Why genes in pieces? **Nature**, v.271, n.501, p.501, 1978.

GLOVER, D. M.; HOGNESS, D. S. A novel arrangement of the 18s and 28s sequences in a repeating unit of *Drosophila melanogaster* rDNA. **Cell**, v.10, n.2, p.167-176, 1977.

GRIESEMER, J.. Reproduction and the reduction of genetics. In: BEURTON, Peter J.; FALK, Raphael; RHEINBERGER, Hans Jorg (Orgs). **The Concept of the Gene in Development and Evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

GRIFFITHS, P. E; NEUMANN-HELD, E. M. The many faces of the Gene. **BioScience**, v.49, n.8, p.656-662, 1999.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à Genética**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1998. 786p.

HOFFEE, P. A. **Genética Médica Molecular**. 1ª ed. Rio de Janeiro: editora Guanabara Koogan, 2000.

JEFFREYS, A.J.; FLAVELL, R. A. The rabbit? - globin gene contains a large insert in the coding sequence. **Cell**, v.12, n.4, p.1097-1108, 1977.

JOAQUIM, L. M. **GENES: QUESTÕES EPISTEMOLÓGICAS, CONCEITOS RELACIONADOS E VISÕES DE ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO**. 2009, 189f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia – UFBA, Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. Salvador, 2009.

JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. N.. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae studia**, v.8, n.1, p. 93-128, 2010.

JORDE, L. B. et al. **Genética Médica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2000.

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

LEITE, M. Hegemonia e crise da noção de gene nos 50 anos do DNA. In: **49º Congresso Nacional de Genética**. Águas de Lindóia, SP, setembro de 2003.

LEWIN, B. **GENES VII**. Porto Alegre: Editora Artmed, 1997.

MEYER, L. M. N.; BOMFIM, G. C.; EL-HANI, C. N.. How to understand the gene in the 21st century? **Science & Education**, v.22, n.2, p.345-374, 2013.

PIERCE, B. A. **Genética: um enfoque conceitual**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

PITOMBO, M. A.; ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks. **Science Education International**, v. 19, p. 219-234, 2008.

PRO CHEREGUINI, C.; PRO BUENO, A. ¿Qué estamos enseñando con los libros de texto? La electricidad y la electrónica de tecnología en 3º ESO. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v.8, n.2, p.149-170, 2011.

RAMOS, F. P.; NEVES, M. C. D.; CORAZZA, M. J.. A ciência moderna e as concepções contemporâneas em discursos de professores-pesquisadores: entre ruptura e a continuidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.10, n.1, p.84-108, 2011.

REICHENBACH, H. **Experience and Prediction: An analysis of the foundations and the structure of knowledge**. 7a. impressão. Chicago: The University of Chicago Press, 1970.

REZENDE, F.. As novas tecnologias na prática pedagógica sob a perspectiva construtivista. **Revista Ensaio**, v.2, n.1, p.1-18, 2002.

RINGO, J. **Genética Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

ROSA, M. A.; MOHR, A. Os fungos na escola: análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do Ensino Fundamental de Florianópolis. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.5, n.3, p.95-102, 2010.

SAMBROOK, J. Adenovirus amazes at Cold Spring Harbor. **Nature**, v.268, p.101-104, 1977.

SANTOS, V.C. e EL-HANI, C.N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.9(1), p.6, 2009.

SCHNEIDER, E. M.; JUSTINA, L. A. D.; ANDRADE, M. A. B. S. de A.; OLIVEIRA, T. B. de; CALDEIRA, A. M. de A.; MEGLHIORATTI, F. A. Conceitos de Gene: Construção Histórico-Epistemológica e percepções de professores do Ensino Superior. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16(2), p.201-222, 2011.

SNUSTAD, P.; SIMMONS, M. J. **Genética**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

SOLHA, G. C. F. **Os Genes Interrompidos: Introdução Histórica ao Impacto da Descoberta dos Íntrons (1997) na controvérsia sobre a definição de Gene Molecular Clássico (1960)**. 2005. 110f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Matemática) – Casa Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Pós Graduação em História das Ciências da Saúde. Rio de Janeiro, 2005.

TAMARIN, R. H. **Princípios de Genética**. 7. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2011.

WILLIAMSON, Bob. DNA Insertions and gene structure. **Nature**, v.270, n.5635, p.295-297, 1997.

WAIZBORT, R.; SOLHA, G. C.. Os genes interrompidos: o impacto da descoberta dos íntrons sobre a definição de gene molecular clássico. **Revista da SBHC**, v.5, n.1, p.63-84, 2007.

ZAHA A. **Biologia Molecular Básica**. Porto Alegre: Editora Mercado Aberto, 1996.

YAMAZAKI, S. C. **Tradição do Ensino de Física em Manuais de Ensino Superior**. Florianópolis, 2015. 278f. Tese (doutorado em educação científica e matemática) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015.