

A INSERÇÃO DO ENSINO DA BIOTECNOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA

THE INSERTION OF BIOTECHNOLOGY TEACHING IN BIOLOGICAL DIDACTIC BOOKS

Larissa Matos Batista¹ - IFAM
Cirlande Cabral da Silva² - IFAM

RESUMO

A Biotecnologia é uma área possuidora de avanços científicos notáveis para a população e a escola precisa propagar esse conhecimento. Assim, o presente trabalho tem como objetivo investigar a inserção do ensino da Biotecnologia em três livros didáticos de Biologia em um Instituto Federal. Diante disso, foi utilizada a técnica de Análise de Conteúdo que se divide em três momentos: o primeiro momento referiu-se a fase de pré-análise, dos quais emergiram as palavras-chaves relacionadas a Biotecnologia. No segundo momento essas palavras-chaves foram aglutinadas em cinco categorias conforme suas semelhanças e diferenças, fase esta que corresponde a exploração do material. A última fase foram as inferências e interpretações, que corresponderam aos resultados e desdobramentos da análise. Portanto, foi possível ter conhecimento sobre as vantagens e limitações do tema Biotecnologia presentes nos livros didáticos, com a presença de alguns avanços técnicos e científicos.

Palavra-chave: Livro didático; Biotecnologia; Análise de conteúdo

ABSTRACT

Biotechnology is an area of notable scientific advancement for the population, and the school must propagate that knowledge. Thus, the present study aimed to investigate the insertion of Biotechnology teaching in three Biology textbooks of a Federal Institute. In view of this, the Content Analysis technique was used, divided into three moments: the first one referred to the pre-analysis phase, from which the keywords related to Biotechnology emerged. In the second moment these keywords were grouped into five categories according to their similarities and differences, which corresponds to the exploration of the material. The last phase was the inferences and interpretations, which corresponded to the results and unfolding of the analysis. Therefore, it was possible to have knowledge about the advantages and limitations of the biotechnology theme present in the textbooks, with the presence of some technical and scientific advances.

Keywords: Didactic book; Biotechnology; Content analysis

DOI: 10.21920/recei720195131028

<http://dx.doi.org/10.21920/recei720195131028>

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA); licenciada em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). E-mail: larimatosbatista@gmail.com / ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2294-5526>

² Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT); Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). E-mail: cirlandecabral@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7354-1770>

INTRODUÇÃO

O que se tem hoje em dia é a disseminação de uma grande quantidade do conhecimento adquirido sobre as bases teóricas da Biotecnologia e suas aplicações apenas por reportagens em revistas/jornais e pela mídia eletrônica, que em alguns casos distorce os fatos, não evidenciando adequadamente os prós e contras dos produtos biotecnológicos. O entendimento desses conhecimentos é fundamental para tornar o aluno um cidadão participativo e crítico nos acontecimentos da sociedade contemporânea, pois como afirma Pedrancini (2008) as respostas dos alunos sobre Biotecnologia baseadas em notícias que saem na mídia apresentam, muitas vezes, conceitos errados.

Além disso, segundo Pinheiro e Schiengold (2011) em vários ambientes escolares a única ferramenta utilizada e disponível é o livro didático (LD) para os professores e alunos. No entanto, em muitas obras, textos referentes à Biotecnologia ainda não aparecem com grande destaque, mas apenas como seções especiais entre poucos capítulos (FONSECA; BOWBROSKI, 2015).

É inegável a contribuição da Biotecnologia em todos os ramos do conhecimento e em vários momentos da história da humanidade. Se olharmos para trás, perceberemos que a Biotecnologia teve como principal campo de atuação a agricultura. Estima-se que a 8000 a.C. na Mesopotâmia, os povos já começavam a selecionar as melhores sementes e plantas para aumentar a produtividade e o desenvolvimento de produtos alimentícios de melhor qualidade proteica, durabilidade, tamanho, colheitas mais rentáveis e resistentes a agentes externos (BERTOLDI, 2015). Além disso, a fabricação de vinho e pão já acontecia há 7000 a.C., a partir da fermentação da uva e do trigo realizada por leveduras. Já a bactéria utilizada na fermentação do leite para produzir queijos aconteceu por volta de 3000 a.C. (KAPP; MIRANDA; FREITAS, 2014).

Nos dias de hoje a Biotecnologia moderna nos presenteia com conhecimentos e técnicas biotecnológicas jamais imagináveis. Em vários laboratórios, diariamente, são realizadas transferências de genes entre espécies diferentes (BERTOLDI, 2015) e a introdução de segmentos de DNA de um organismo X em um organismo Y (FIGUEIREDO; PENTEADO; MEDEIROS, 2006) entre outras técnicas.

Em se tratando da prática docente, o LD não deve ser visto como um manual a ser seguido. Embora seja uma ferramenta que facilite a atividade do professor, não deve ser o centro das atividades de ensino, mas um material de apoio (SARTIN et al., 2012). Assim, é possível perceber a existência de falhas na sua composição, na apresentação do conteúdo, nas atividades, nos conceitos, ou ainda de inadequação à realidade local, às práticas sociais do grupo escolar em questão (ROSA; RIBAS; BARAZZUTTI, 2012; CARDINALI; FERREIRA, 2010; FONSECA; BOBROWSKI, 2015; SILVA; CAVALCANTI, 2014).

Sabemos que um dos desafios atuais da Biologia é fazer com que os alunos entendam conceitos básicos sem uma memorização descontextualizada. Entretanto, o que se tem hoje no ensino de Biologia e nos LD é uma fragmentação de conteúdo, ocasionando uma valorização na memorização de conceitos, e não o seu entendimento (CARDINALI; FERREIRA, 2010). Isso implica desinteresse de parte dos alunos, especialmente, quando se trata de Biotecnologia e suas aplicações, uma vez que os processos biotecnológicos estão inseridos muitas vezes em um mundo molecular, o qual exige uma base dos conhecimentos teóricos para que seja possível a compreensão da prática realizada nos laboratórios e até mesmo certa abstração dos conteúdos estudados.

Em vista disso, é indispensável que se tenha ciência de que a Biotecnologia permeia as mais diversas áreas da Biologia, servindo como uma ferramenta útil e eficaz em estudos, não

apenas em Genética, mas também em Microbiologia, Zoologia e Biologia Celular, entre outras. No entanto, percebe-se que essa dimensão é praticamente ausente em alguns volumes de LDs e na própria abordagem do professor (FONSECA; BOBROWSKI, 2015), pois, os LDs deveriam contemplar aspectos, como a interdisciplinaridade, o cotidiano do estudante e a construção da cidadania. Todavia, quando se trata de assuntos relacionados a Biotecnologia, como por exemplo, a clonagem, sua história e os aspectos éticos envolvidos, quando presentes, aparecem inseridos em caixas de textos e seções, muitas vezes sem conexão como o restante do capítulo (LOPES, 2015).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi verificar a inserção das bases teóricas da Biotecnologia e suas aplicações nos livros didáticos de Biologia em um Instituto Federal. Para tanto, verificamos se os livros didáticos utilizados abordam temas Biotecnológicos e se os avanços técnicos e científicos da Biotecnologia estão presentes nesses livros didáticos.

A PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tipo de Pesquisa

Este trabalho abrange a pesquisa qualitativa a qual é descrita por se preocupar com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Assim a pesquisa qualitativa pode ser descrita como analítica e interpretativa, buscando refletir e explorar os dados, que podem apresentar regularidades para criar um profundo e rico entendimento do contexto pesquisado (OLIVEIRA, 2010).

Local da Pesquisa

O local utilizado nessa pesquisa foi o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). Os livros consultados foram os Livros Didáticos localizados na biblioteca do referido Instituto.

Instrumentos de Coleta

O principal instrumento de coleta foi a análise documental, que segundo Silva et al. (2009) permite a investigação de determinada problemática não em sua interação imediata, mas de forma indireta, por meio do estudo dos documentos que são produzidos pelo homem e por isso revelam o seu modo de ser, viver e compreender um fato social. Além disso, os documentos constituem uma fonte não-reativa, as informações neles contidas permanecem as mesmas após longos períodos de tempo. Podem ser considerados uma fonte natural de informações à medida que, por terem origem num determinado contexto histórico, econômico e social, retratam e fornecem dados sobre esse mesmo contexto. Não há, portanto, o perigo de alteração no comportamento dos sujeitos sob investigação (GODOY, 1995). Nesse sentido, os documentos analisados foram os LDs de Biologia, que será discutido com maiores detalhes posteriormente.

Análise dos Dados

A análises dos dados foi realizada mediante a análise de conteúdo a qual é descrita como sendo um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores que permitam a

inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e recepção dessas mensagens (BARDIN, 2011). Ou seja, tudo que é expresso oralmente ou registrado de forma escrita pode ser submetido a análise de conteúdo. Assim como disse Henry e Moscovici (1968) apud Bardin (2011) tudo o que é dito ou escrito é suscetível de ser submetido a uma análise de conteúdo.

As diferentes fases de análise de conteúdo organizam-se em torno de três polos cronológicos: 1) a pré-análise; 2) a exploração do material; 3) o tratamento dos resultados as quais serão explanadas a seguir.

Pré-análise

A primeira atividade da pré-análise foi a leitura flutuante dos LD de Biologia, que foi feita uma leitura intuitiva, aberta a todas as ideias, reflexões e hipóteses, que consistiu em estabelecer contato com os documentos a analisar (BARDIN, 2011). A leitura flutuante permite o contato direto e intenso com o material de campo, para que possa surgir a relação entre as hipóteses ou pressupostos iniciais, as hipóteses emergentes e as teorias relacionadas ao tema, que é a Biotecnologia (CAVALCANTE, CALIXTO; PINHEIRO, 2014). Dessa maneira, por meio de um trabalho gradual de apropriação do texto, foram estabelecidas várias idas e vindas entre o LD e as próprias anotações, até que começaram a emergir os contornos das primeiras unidades de sentido, isto é, as categorias de análises. Estas unidades de sentido - palavras, conjunto de palavras formando uma locução ou temas - são definidas passo a passo e servem como guia na busca das informações contidas no texto (OLIVEIRA et al., 2003).

A segunda atividade da pré-análise foi a escolha do documento, que são especificamente os conteúdos teóricos de Biotecnologia dos LD de Biologia do ensino médio, que forma o corpus da pesquisa, que conforme Bardin (2011) é o conjunto dos documentos, ou seja, dos LD tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos. A sua constituição implicou, escolhas, seleções e regras, com diz Câmara (2013) as regras de exaustividade (deve-se esgotar a totalidade da comunicação, não omitir nada); representatividade (a amostra deve representar o universo); homogeneidade (os dados devem referir-se ao mesmo tema, serem obtidos por técnicas iguais e colhidos por indivíduos semelhantes); pertinência (os documentos precisam adaptar-se ao conteúdo e objetivo da pesquisa) e exclusividade (um elemento não deve ser classificado em mais de uma categoria).

A terceira fase foi a formulação das hipóteses e dos objetivos, assim, segundo Bardin (2011) uma hipótese é uma afirmação provisória que será verificada (confirmada ou infirmada), recorrendo aos procedimentos de análise. Trata-se de uma suposição cuja origem é a intuição e que permanece em suspenso enquanto não for submetida à prova de dados seguros.

A quarta etapa da pré-análise foi a referenciação dos índices e a elaboração dos indicadores. Com a escolha dos índices é realizada a construção dos indicadores. Por exemplo, o índice pode ser a menção explícita de um tema numa mensagem. Caso parta do princípio de que este tema possui tanto mais importância para o locutor quanto mais frequentemente é repetido, o indicador correspondente será a frequência deste tema de maneira relativa ou absoluta, relativo a outros (BARDIN, 2011).

A quinta e última etapa da pré-análise foi a preparação do material, que consistiu na preparação dos resultados obtidos do corpus, pois os objetivos da pesquisa, assim como uma primeira leitura dos textos, ajudaram a determinar a(s) unidade(s) de registro pertinentes (OLIVEIRA et al., 2003).

Após a leitura flutuante dos LDs de Biologia, foi elaborada o quadro 1 com as palavras-chave encontrados relacionadas ao tema Biotecnologia.

Quadro 1 - Palavras-chave encontradas nos livros didáticos de Biologia.

Código genético	Transcrição Gênica	Plasmídeos
Códon	Gene	Vetor de Clonagem
DNA	DNA recombinante	Nucleotídeos
Duplicação Semiconservativa	Cromossomos	Transgênicos
Manipulação do DNA	Engenharia Genética	Biobalística
Proteínas	Melhoramento Genético	Células-tronco
RNA	Transformação Bacteriana	Variabilidade Genética
RNA mensageiro	Clonagem Molecular	Cultura de Tecidos
RNA Ribossômico	Eletroforese	Projeto Genoma Humano
RNA Transportador	Proteoma	Ribossomos
Tradução Gênica	Bacteriófagos	Genoma
Terapia Gênica	Ética	Sequenciamento Gênico
Biblioteca de DNA	DNA <i>finger print</i>	* VNTRs
Vacinas Gênicas	Eletroporação	Aconselhamento Genético
Anticódon	Promotor	Íntrons
Êxons	Chaperonas	Conservação de embriões
Inseminação	Polinização artificial	Micropopulação vegetativa
Reação da polimerase em cadeia	Endonucleases de Restrição	Mapeamento cromossômico

* VNTRs: *Variable number of tandem repeats* (Número variável de repetições em sequência)

As palavras-chaves catalogadas na leitura flutuante dos LDs na fase de pré-análise foram aglutinadas em categorias, que corresponde a fase de exploração do material, que será abordado com maiores detalhes na seção abaixo.

Exploração do Material

A fase de exploração do material consistiu na definição das categorias, a qual é descrita por Oliveira et al. (2003) como sendo importante, pois a qualidade de uma análise de conteúdo possui uma dependência como o seu sistema de categorias. Durante a etapa da exploração do material, ocorre uma busca para encontrar categorias que são expressões ou palavras significativas em função das quais o conteúdo de uma fala será organizado (CAVALCANTE; CALIXTO; PINHEIRO, 2014). As palavras semelhantes referentes a determinada área da Biotecnologia encontradas nos LDs foram agrupadas em categorias, que confirmam ou modificam as hipóteses iniciais.

Nessa fase por exemplo as palavras-chave foram recortadas em unidades de registro, que para Bardin (2011) é a unidade de significação a codificar, que corresponde ao segmento de conteúdo considerado como unidade base para a categorização. Nessa pesquisa refere-se ao parágrafo do texto que o tema foi citado, por meio das palavras associadas a Biotecnologia, essas palavras-chave foram identificadas para realizar uma primeira categorização. Como diz Fossá (2003) por este processo indutivo ou inferencial, procura-se não apenas compreender o sentido da fala ou escrita, mas também buscar-se-á outra significação ou outra mensagem.

Na perspectiva da análise do conteúdo, as categorias são vistas como rubricas ou classes que agrupam determinados elementos reunindo características comuns. No processo de escolha de categorias adotam-se os critérios semântico (temas), sintático (verbos, adjetivos e pronomes),

léxico (sentido e significado das palavras - antônimo ou sinônimo) e expressivo (variações na linguagem e na escrita). Este processo permite a junção de um número significativo de informações organizadas em duas etapas: inventário (onde isolam-se os elementos comuns) e classificação (onde divide-se os elementos e impõem-se organização) (SANTOS, 2012). Além disso, Bauer (2002) diz que as categorias devem ser exclusivas e auto excludentes sob pena de haver problemas quanto a fidedignidade.

Esta fase, longa e fastidiosa, consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou enumeração, em função de regras previamente formuladas. Nesse sentido, tratar o material é codificá-lo, assim, a codificação corresponde a uma transformação - efetuada segundo regras precisas - dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permitiram atingir uma representação do conteúdo ou da sua expressão (BARDIN, 2011).

Com a classificação das palavras-chave, as semelhantes foram agregadas para a criação das categorias de análise. Assim, com base nas categorias estabelecidas, foi possível inferir, ou seja, extrair uma consequência, deduzir de maneira lógica conhecimentos sobre o emissor da mensagem ou sobre o contexto em que esta foi emitida (OLIVEIRA et al., 2003).

Por isso, neste estudo foram estabelecidas 5 categorias relacionadas a Biotecnologia a partir do agrupamento das palavras-chave, que são:

- Dogma central da biologia molecular
- Técnicas e ferramentas biotecnológicas
- Produtos biotecnológicos
- Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos
- Genética associada a Biotecnologia

Com a elaboração das categorias foi passado para a terceira fase da análise de conteúdo, que é a fase do tratamento dos resultados, no qual as categorias serão tratadas, que será explicada a seguir.

Tratamento dos Resultados

Os resultados brutos se tornaram significativos e válidos. Esta interpretação foi além do conteúdo manifesto dos documentos, pois, interessa o conteúdo latente, o sentido que se encontra por trás do imediatamente apreendido (CÂMARA, 2013).

O tratamento dos dados obtidos foi realizado por meio das inferências e as interpretações. Nesse momento, os resultados brutos foram tratados de maneira a serem significativos e válidos à luz dos referenciais teóricos (KAPP; MIRANDA; FREITAS, 2014). As interpretações a que levam as inferências foram sempre no sentido de buscar o que se esconde sob a aparente realidade, o que significa verdadeiramente o discurso enunciado, o que querem dizer, em profundidade, certas afirmações, aparentemente superficiais (CÂMARA, 2013), assim, produzir inferência, em análise de conteúdo significa, não somente produzir suposições subliminares acerca de determinada mensagem, mas em embasá-las com pressupostos teóricos de diversas concepções de mundo e com as situações concretas de seus produtores ou receptores (CAMPOS, 2004).

As duas primeiras fases (pré-análise e exploração do material) da análise de conteúdo dos livros didáticos ocorrem na etapa dos procedimentos metodológicos. Já a última fase, a do tratamento dos resultados é discutido na forma de texto dissertativo, abordando as inferências e interpretações das categorias encontradas que dizem respeito a inserção do ensino de Biotecnologia nos livros didáticos nos resultados e discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises dos livros didáticos sobre Biotecnologia

Foram analisados três LD de Biologia do Ensino Médio, o livro de Amabis e Martho (2013), presente no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015, o livro de Lopes e Rosso (2010), presente no PNLD de 2012 ambos do volume 2, que corresponde ao livro utilizado no 2º ano do ensino médio. Pois de acordo com os conteúdos do plano de ensino de Biologia a temática Biotecnologia está inserida nessa etapa do ensino médio, juntamente com os demais conteúdos de Genética, e o volume 3 do livro de César e Sezar (2005) presente no Plano Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM) de 2009.

Os procedimentos da pesquisa para o descobrimento da inserção da Biotecnologia nos LDs de Biologia foram realizados mediante a avaliação do conteúdo teórico dos LDs. Usando como base teórica para a análise do tema, a metodologia de análise de conteúdo de Bardin (2011), que por sua vez é executada inicialmente pela primeira fase, que é a pré-análise, com a leitura flutuante dos LDs selecionados.

O livro de Amabis e Martho (2013) possui o capítulo 7, com 14 páginas de conteúdo, que aborda a informação genética, especificamente sobre o Dogma Central da Biologia Molecular e o capítulo 8, com 15 páginas, o qual aborda as aplicações do conhecimento genético, referente ao melhoramento genético, clonagem do DNA, transgênicos e etc.

O livro de Lopes e Rosso (2010) possui o capítulo 7 - A Genética e os genes, com 25 páginas, que aborda inicialmente um contexto histórico da Genética, a respeito das primeiras noções de hereditariedade até chegar ao estudo da natureza química do material genético. Contudo, é importante citar que apenas o conteúdo referente ao Dogma Central da Biologia Molecular faz parte da Biotecnologia, com 8 páginas discorrendo sobre os assuntos. Além disso, o livro conta com o capítulo 11, intitulado como Biotecnologia, com 21 páginas, abordando sobre os avanços biotecnológicos.

O livro de César e Sezar (2005), possui o capítulo 10 intitulado de Biotecnologia, com 24 páginas sobre os conteúdos de referente as técnicas e os produtos biotecnológicos utilizados, sem uma parte específica para abordar sobre Dogma Central da Biologia Molecular.

Assim, todos os três LDs analisados apresentaram o tema Biotecnologia em um capítulo específico. A inserção da Biotecnologia foi analisada mediante as categorias elaboradas que emergiram após a leitura flutuante. A tabela 1 evidencia a quantidade de ocorrências de unidade de registro (parágrafo do texto que o tema foi citado, por meio das palavras-chave) por cada categoria. Foi encontrado um total de 1.238 unidades de registros dos três livros, ou seja, é a soma de todas as palavras-chave relacionadas à Biotecnologia.

Tabela 1 - Quantidade de unidades de registro para cada categoria.

Categorias	Ocorrência das unidades de registro	Total	Livro Didático
Dogma central da biologia molecular	431	564	Amabis e Martho (2013)
Técnicas e ferramentas biotecnológicas	59		
Produtos biotecnológicos	21		

Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos	10	187	Cesar e Sezar (2005)
Genética associada a biotecnologia	43		
Dogma central da ciologia molecular	74		
Técnicas e ferramentas biotecnológicas	35		
Produtos biotecnológicos	18		
Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos	35		
Genética associada a biotecnologia	25		
Dogma central da biologia molecular	353	487	Lopes e Rosso (2010)
Técnicas e ferramentas biotecnológicas	62		
Produtos biotecnológicos	15		
Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos	33		
Genética associada a biotecnologia	24		

A análise das unidades de registro de cada categoria encontrada serão discutida uma por uma, como se segue.

Dogma central da biologia molecular

Observa-se que a categoria dogma central da biologia molecular foi a que mais se destacou com relação a quantidade de unidades de registro. O livro de Amabis e Martho (2013) apresentou a maior quantidade, seguido de Lopes e Rosso (2010) e Cesar e Sezar (2005).

O LD de Cesar e Sezar (2005) apresentou uma quantidade de unidades de registro inferior aos demais livros pois o mesmo não possui um capítulo ou parte dele específico para tratar desse assunto como os dois outros livros, pelo menos não no volume 3 que foi analisado, portanto, as 74 unidades de registro encontradas neste livro correspondem à presença superficial das palavras-chave relacionadas a categoria do dogma central presente no capítulo específico de Biotecnologia.

A proposta do dogma central da biologia molecular por Crick (1958) trouxe diversas ideias que até hoje exercem influência, como a de que a informação genética está codificada na sequência de nucleotídeos do DNA e do RNA (PATIÑO, 2017), sendo, portanto, a partir desses conhecimentos que as modificações genéticas e conseqüentemente os produtos oriundos da Biotecnologia foram possíveis de serem construídos. As alterações nos genes do DNA resultam um perfil diferente de expressão, como conseqüência o organismo portador dessa modificação teria um funcionamento diferente. Assim, o melhoramento genético realizado pelas técnicas e ferramentas biotecnológicas dão origem aos produtos biotecnológicos. Sendo importante o estudo da dogma central da biologia molecular como base no ensino de biotecnologia.

Nesse sentido, segue abaixo os trechos retirados os livros didáticos relacionados as palavras-chave da categoria:

O gene [...] é transcrito em moléculas de outro tipo de ácido nucléico, o RNA. Nesse processo de transcrição, as fitas da molécula de DNA são separadas por ação da enzima RNA polimerase (LOPES; ROSSO, 2010, p.237).

O DNA expressa-se transcrevendo suas informações para moléculas de RNA, que podem sair do núcleo e atuar em processos citoplasmáticos, basicamente na síntese de proteínas (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 160).

Os trechos mostram que o livro aborda o Dogma, descrevendo o processo de síntese de proteínas, que compreende duas etapas, a transcrição, que é a síntese de um RNA mensageiro (RNAm) a partir de um segmento de DNA (gene) e a etapa de tradução, o qual o RNAm servirá de molde para a síntese de uma proteína.

Assim, segundo Schor, Boim e Santos (2003) é através da transcrição e tradução que a informação armazenada no gene é transformada em proteína. Desta forma, mutações em genes que codificam proteínas ou em regiões de DNA que controlam a expressão destes genes ocasionam doenças genéticas. Podendo o estudo do Dogma Central ser interligado nas aulas dos rearranjos cromossômicos, que causam por exemplo a Síndrome de Down, podendo ser uma aula contextualizada com a realidade do aluno.

No trabalho de Dias (2008), a autora relata os erros observados nas questões que exploram os conteúdos sobre as organelas citoplasmáticas, e dizem que os mesmos decorreram do fato de os candidatos interpretarem incorretamente o esquema da síntese proteica e não correlacionarem o crescimento dos seres vivos aos resultados dos processos metabólicos celulares, principalmente a síntese proteica, o que leva a crer que não reconheceram o Dogma Central da Biologia Molecular. Além disso, Moura e Falcão (2014) percebem que esta falta de aprendizagem influencia diretamente nos resultados da pesquisa, afinal como pode um aluno compreender um texto sobre organismos transgênicos quando não consegue compreender a diferença entre o gene e o DNA, nem mesmo saber de sua função? Nesse sentido, é perceptível notar que o estudo e a apropriação do conhecimento sobre o dogma é crucial como base para o entendimento de diversos conteúdos da biologia.

O entendimento sobre a informação genética a partir do dogma central da biologia molecular entre outras descobertas, segundo Pedrancini (2008) revolucionaram o meio acadêmico de tal modo, que muitos cientistas pensavam que a partir de então a Genética e a Biologia Molecular passariam por um longo período de estabilidade, em termos de avanços científicos. Por outro lado, havia aqueles que vislumbravam manipular a molécula de DNA, isolando, modificando e transferindo genes de um organismo para outro. Assim, iniciou-se o tempo da tecnologia do DNA recombinante, com a possibilidade de manipulação dos organismos, como forma de trazer melhorias para a indústria e a saúde.

Assim, os livros de Amabis e Martho (2013) e Lopes e Rosso (2010) apresentaram os três tópicos principais do Dogma (replicação, transcrição e tradução), que são fundamentais para o entendimento de como as manipulações/modificações nos organismos.

Técnicas e ferramentas biotecnológicas

O livro de Lopes e Rosso (2010) mostrou maior quantidade de unidade de registro, seguido de Amabis e Martho (2013) e Cesar e Sezar (2005). Representando que nesse livro as técnicas e ferramentas biotecnológicas estão melhores representadas.

Nas últimas décadas, a genética tem experimentado uma verdadeira revolução, em grande parte possibilitada pela introdução da técnica do DNA recombinante, a possibilidade de manipular diretamente e precisamente a molécula de DNA determinou inicialmente, com grande sucesso, o mapeamento genômico de diversas doenças (SCHOR; BOIM; SANTOS, 2003). Além disso, a inserção de genes de uma espécie em outra é realizado mediante a utilização das ferramentas necessárias como as enzimas ou endonucleases de restrição utilizadas por exemplo nas técnicas de transformação genética, com a inserção de um plasmídeo contendo o gene de interesse.

Nos fragmentos abaixo retirados dos livros é possível identificar a presença das técnicas e ferramentas utilizadas na biotecnologia.

[...] Esse processo envolve a fragmentação do DNA dos cromossomos na interfase, o que é feito pela ação de enzimas especiais denominadas enzimas de restrição (LOPES; ROSSO, 2010, p. 391).

Os plasmídios são filamentos circulares de DNA, isolados do cromossomos bacteriano, não-essenciais para o crescimento e a reprodução da célula (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 165).

O vírus mais utilizado como vetor de clonagem molecular é o fago lambda, um dos bacteriófagos mais bem conhecidos do ponto de vista genético (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 192).

O uso das enzimas de restrição proporcionou o desenvolvimento de técnicas de clonagem de DNA, investigação de polimorfismos e mapeamento (SCHOR; BOIM; SANTOS, 2003). As enzimas de restrição são produzidas por bactérias como uma arma de defesa contra o ataque de vírus (bacteriófagos): cortando o DNA viral e impedindo sua multiplicação (MALAJOVICH, 2016). Os trechos abaixo mostram que os livros descrevem a importância das enzimas de restrição.

Hoje inúmeras dessas enzimas de restrição identificadas, as quais são isoladas das bactérias e purificadas (LOPES; ROSSO, 2010, p. 391).

A descoberta das endonucleases de restrição trouxe grandes avanços à Genética. Os cientistas viram nelas “ferramentas” bioquímicas para cortar moléculas de DNA de forma controlada e previsível, o que possibilitou análises do material genético até então inviáveis (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 187).

Enzimas de restrição podem cortar o DNA em pontos determinados, funcionando como verdadeiras tesouras químicas de precisão (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 165).

A eletroforese separa os fragmentos de DNA obtidos a partir da ação da enzima de restrição. As amostras são colocadas em um gel no qual se aplica um campo elétrico. Os fragmentos de DNA carregados negativamente se movimentam na direção do polo positivo (MALAJOVICH, 2016). A eletroforese é uma técnica bastante utilizada na Biotecnologia, para a separação de fragmentos de DNA e proteínas, que está representada nos LDs, como os trechos abaixo mostram:

Uma vez quebrado o DNA, isolam-se fragmentos de diferentes tamanhos, que são separados por uma técnica chamada eletroforese em gel (LOPES; ROSSO, 2010, p. 395).

A eletroforese consiste em colocar os fragmentos de DNA em uma placa de gel e aplicar nela uma corrente elétrica; a extremidade do gel em que o DNA foi colocado é conectada ao polo negativo, e a extremidade oposta, ao polo positivo (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 188).

Para identificar e comparar amostras de DNA usa-se a técnica da eletroforese em gel (em grego, foresis significa “migrar”, “deslocar”, “levar”) (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 171).

A partir das ferramentas encontradas em bactérias, como as enzimas de restrição e os plasmídios e a utilização de diversas técnicas como a eletroforese que foi e é possível a concretização dos produtos biotecnológicos.

Produtos Biotecnológicos

O livro de Amabis e Martho (2013) apresentou a maior quantidade de unidades de registro, e o livro de Cesar e Sezar (2005) ficou com uma quantidade aproximada, seguido de Lopes e Rosso (2010). Contudo, a diferença na quantidade de unidades de registro que possui relação com os produtos biotecnológicos ficaram muito próximos nos três livros.

Quando se trata de produtos biotecnológicos, existe uma ênfase com os produtos transgênicos, pois, é a partir disso que os produtos biotecnológicos são gerados. Como os exemplos abaixo retirados do livro de Lopes e Rosso (2010) e Amabis e Martho (2013) que descrevem diversos produtos oriundos dos avanços biotecnológicos:

Na Inglaterra os cientistas já conseguiram produzir ovelhas transgênicas, que apresentam o gene humano responsável pela produção de proteína alfa-1-antitripsina. Essas ovelhas lançam essa proteína no leite produzido em suas glândulas mamárias (LOPES; ROSSO, 2010, p. 404).

Com a implantação de genes humanos em vacas e ovelhas, esses animais passam a secretar, no leite, proteínas humanas de interesse comercial (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 183).

No entanto, uma confusão recorrente nos livros didáticos, noticiários da mídia e conversas entre as pessoas ocorre pela utilização do termo organismos geneticamente modificados (OGM) e transgênicos como sendo a mesma palavra, no entanto segundo Alves (2004) OGM são organismos que foram modificados com a introdução de um ou mais genes provenientes de um ser vivo da mesma espécie do organismo alvo. Essa técnica de modificação consiste em isolar uma determinada sequência de genes do próprio organismo e depois inseri-la em sentido inverso. Assim, tem-se um OGM e não um transgênico. A palavra transgênico é utilizada para designar um ser vivo que foi modificado geneticamente, recebendo um gene ou uma sequência gênica de um ser vivo de espécie diferente. Esse erro foi observado nos livros didáticos analisados na pesquisa, como segue abaixo os trechos retirados dos livros evidenciando

que os termos são usados como sinônimos, sendo uma falha que induz o aluno a concepções errôneas.

Os geneticistas têm produzido transgênicos de diversas espécies de animais, plantas e fungos para obter ou modificar alguma característica de interesse. Nesse contexto popularizou-se a expressão organismo geneticamente modificado (OGM) como sinônimo de transgênicos (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 193).

Nas plantas, os métodos empregados na obtenção de organismos transgênicos (organismos geneticamente modificado - OGM) são principalmente a transformação pela bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, a biobalística e a eletroporação de protoplastos (LOPES; ROSSO, 2010, p. 404).

Esses organismos geneticamente modificados (OGMs) ou transgênicos, como são populamente conhecidos, passam a expressar genes de uma outra espécie, apresentando portanto características que não possuíam (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 164).

Um transgênico é um OGM, contudo, nem todo OGM é um transgênico, pois, um transgênico é um organismo geneticamente modificado que foi criado por uma técnica específica de inserção de gene de outra espécie, enquanto que um OGM é criado por outra técnica, com a otimização de seu próprio gene e não de um gene de outra espécie. De forma simples, um transgênico não ocorreria de forma natural, pois a introdução de um gene de uma espécie A em uma espécie B nunca aconteceria.

Desse modo Arantes (2012) mostra os resultados de um questionário disponível on-line, as respostas mostraram uma percepção negativa dos termos “planta transgênica” e “OGM” e uma percepção positiva dos termos “Biotecnologia” e “Engenharia Genética”, evidenciando o desconhecimento, pelo público, de conceitos básicos. O autor mostra que a população desconhece os conceitos científicos, mesmo que esses produtos estejam disponíveis com facilidade nas prateleiras dos supermercados, assim, torna-se imprescindível informar cientificamente os estudantes, de modo que permita os mesmos a refletir, formar e modificar suas opiniões, com embasamento teórico e científico. Nesse sentido, é possível afirmar que os livros didáticos não definem corretamente o conceito de OGM e transgênicos, contribuindo para uma difusão errada do conceito pelos estudantes.

Bioética relacionada aos métodos biotecnológicos

Com relação às questões éticas o livro de Amabis e Martho (2013) apresentou uma quantidade baixa de unidade de registro se comparado com os outros livros, evidenciando um caráter superficial da ética nessa obra. Nesse sentido, Chaves e Camarotti (2015) em suas pesquisas utilizando análise de conteúdo na investigação do tema sobre Biotecnologia e Engenharia Genética, observaram a falta de importância que a maioria dos LDs selecionados tem para com esse tema - ética - associado a Biotecnologia, confirmando os resultados obtidos nessa pesquisa.

O livro de Cesar e Sezar (2005) e Lopes e Rosso (2010) apresentaram uma quantidade aproximada de unidades de registro relacionadas as questões éticas e superior ao encontrado no livro de Amabis e Martho (2013).

Os avanços biotecnológicos presenciados pela humanidade nas últimas décadas têm colocado o ser humano frente a situações até pouco tempo inimagináveis. Com o advento da Biotecnologia, novos produtos e processos estão surgindo e com eles, muitos questionamentos éticos, sociais e legais. Desta forma, entende-se que o limite para as pesquisas não é mais técnico, mas sim de natureza ética (PEZENTE, 2017).

Nesse sentido, o fragmento abaixo foi retirado do livro de Lopes e Rosso (2010) e indica a presença dos termos relacionados a ética, além de colocar que as questões éticas precisam ser debatidas, deixando uma lacuna para que o professor consiga abordar de forma contextualizada o assunto em suas aulas.

Como se pode notar, todas as tentativas de conhecer melhor o genoma humano envolve problemas éticos que merecem ser debatidos e muito bem esclarecidos (LOPES; ROSSO, 2010, p. 400).

A possibilidade de clonagem, inclusive a humana, tem levantado intensas discussões éticas. A clonagem humana para fins reprodutivos, que é clonagem com a finalidade de obtenção de um indivíduo, não é permitida por lei, mas a clonagem terapêutica, que é feita com a finalidade de produção de células-tronco embrionárias para utilização terapêutica, sim (LOPES; ROSSO, 2010, p. 403).

O centro dos debates bioéticos dizem respeito aos avanços biotecnológicos, pois, como afirma Pezente (2017) apesar da biotecnologia estar presente no nosso dia a dia e as novas pesquisas apresentarem-se de forma promissora e benéfica, ainda é um campo que suscita opiniões diversas.

Desse modo, abordar a bioética na escola é imprescindível, possibilitando o debate entre os alunos e professores, tornando o aluno participativo e crítico nas suas argumentações. Nesse ponto de vista Direito et al. (2014) diz que é principalmente nas últimas séries do ensino fundamental e no ensino médio que os jovens devem compreender as inter-relações entre o entendimento científico e as mudanças tecnológicas e devem considerar o impacto que as tecnologias podem produzir na sociedade e em decorrência sobre a qualidade de vida. Um ponto de partida diferente poderá ser a discussão dos tipos de problemas éticos com que os alunos poderão vir a ser confrontados na sua vida pessoal e profissional (REIS, 2007). O importante é que o profissional de educação (re)conheça a dimensão ética da sua profissão, bem como o seu papel no desenvolvimento ético dos seus alunos (HAMIDO; UVA, 2012).

Assim como foi visto na leitura do livro didático de César e Sezar (2005), na parte referente ao Projeto Genoma Humano, que explica os benefícios que o sequenciamento completo do genoma humano disponibilizou, como o tratamento de doenças genéticas, o diagnóstico precoce do câncer entre outras, seguido das implicações éticas que isso causa, como a escolha das características físicas dos filhos realizados pelos pais e a discriminação étnica, suscitando na possibilidade de reflexão pelos alunos e professores, como segue abaixo:

Surgirão ainda muitas outras implicações éticas e jurídicas que merecerão sérios e amplos debates, com a participação de toda a sociedade, para a regulamentação do uso desse precioso conhecimento da nossa individualidade (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 174).

Permite, também, a discussão das questões éticas associadas a esses temas e a consequente avaliação/reformulação de opiniões e de crenças, ou seja, o desenvolvimento da sensibilidade e do raciocínio moral. Todos estes resultados dependem decisivamente da atuação do professor no estabelecimento de um clima de respeito e de tolerância que reconheça a todos o direito de pensar e de expressar as suas opiniões (REIS, 2007).

Apesar dos livros apresentarem a ocorrência de unidades de registro na categoria das questões éticas, a mesma é tratada de forma resumida, em alguns parágrafos dentro de um subtópico, não recebendo o destaque necessário, trazendo empecilhos para o processo de ensino, pois a ética deve estar presente na vida do aluno e necessita ser discutida nas escolas. Além disso, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) é descrito que os alunos necessitam saber os benefícios e os perigos da manipulação genética por meio de um debate ético, reconhecendo a importância das questões éticas na promoção da saúde humana, posicionar-se quanto ao uso de terapias genéticas, avaliar os aspectos envolvidos na manipulação do material genético (BRASIL, 2000).

Genética associada a biotecnologia

Outro campo de desenvolvimento da Genética refere-se às tecnologias geradas em decorrência de sua aplicação. Nos últimos anos, pesquisadores da área de ensino de Biologia vêm se preocupando com o ensino de tópicos relacionados à Biotecnologia atrelada à Genética (FRANZOLIN; BIZZO, 2012).

O livro de Amabis e Martho (2013) apresentou a maior quantidade de unidades de registro, seguindo de Cesar e Sezar (2005) e Lopes e Rosso (2010). Os fragmentos relacionados a Genética que foram retirados dos livros estão descritos abaixo:

Nas células eucarióticas podem existir vários cromossomos, e cada um deles é formado por uma longa molécula de DNA associada a moléculas de proteínas, chamadas histonas (LOPES; ROSSO, 2010, p. 233).

Atualmente, um dos campos da Biotecnologia de maior desenvolvimento é a decifração dos genomas de inúmeras espécies de organismos - de vírus e bactérias ao ser humano (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 172).

Hoje, inúmeras espécies tiveram seu genoma sequenciado, abrindo caminho para grandes progressos na Genética e para a aplicação de novos conhecimentos (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 183).

Em 1990, teve início o Projeto Genoma Humano (HGP, do inglês Human Genome Project), um dos projetos científicos mais ambiciosos já realizados, envolvendo pesquisadores de mais de 18 países na tarefa de mapear e sequenciar o DNA humano e também o de outros organismos (MALAJOVICH, 2016). O sequenciamento do genoma humano foi crucial para os avanços da Genética na Biotecnologia, sendo, portanto, um marco biológico que foi presenciado em apenas dois livros como pode ser lido abaixo:

O desenvolvimento das pesquisas sobre DNA tornou possível o Projeto Genoma Humano, uma ambiciosa empreitada científica para conhecer e caracterizar todos os genes de nossa espécie, mapeando-os nos cromossomos e

determinando seu modo de funcionamento (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 196).

O sequenciamento do DNA nuclear as espécies humanas foi iniciado em 1990 pelo Projeto Genoma Humano (PGH), um consórcio governamental com a participação de Estados Unidos, Inglaterra, França, Alemanha, Japão e China (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 173).

Quando James Watson e Francis Crick descobriram a estrutura e a função do DNA (1953), os jornais anunciaram a nova engenharia genética, com a promessa de bebês com características programadas e os medicamentos milagrosos (LIPTON, 2007). Assim, com o advento da tecnologia do DNA recombinante foi possível modificar as espécies de interesse econômico (Machado, 2014). O desenvolvimento de cultivares tolerantes aos estresses abióticos, como seca, baixa fertilidade dos solos, encharcamento e estresses bióticos como resistência a pragas e doenças talvez sejam uma das maiores contribuições do melhoramento à agricultura. O advento da Genética Molecular permitiu a utilização de ferramentas da Engenharia Genética no melhoramento de plantas.

Para tanto, é necessário o conhecimento do genoma da espécie em questão, conhecer a forma de transmissão das características, para que assim possa-se realizar o melhoramento genético, isso foi encontrado nos livros didáticos. Abaixo tem os fragmentos retirados:

O genoma é o conjunto de todo o material genético de um organismo, contido em seus cromossomos (CÉSAR; SEZAR, 2005, p. 172).

Quando os camundongos transgênicos foram cruzados, o gene de coelho incorporado ao seu genoma foi transmitido de geração em geração, segundo as leis básicas da herança genética (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 194).

É possível realizar o sequenciamento gênico, ou seja, determinar a sequência de bases nitrogenadas de um gene. Essas informações têm permitido os aprimoramentos nos serviços de aconselhamento genético (LOPES; ROSSO, 2010, p. 233).

Assim, a Genética é uma área crucial para o entendimento da Biotecnologia, possuindo os conhecimentos de base da Genética é possível uma compreensão mais fácil das subáreas da Biotecnologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível verificar a presença dos avanços técnicos e científicos da Biotecnologia nos livros didáticos. Apesar do livro ser utilizado como o principal, e as vezes o único material em sala de aula, o professor precisa estar atento no momento da escolha do livro e se o mesmo supre as necessidades da escola e adequar os conteúdos que não estão bem evidenciados, como forma de melhorar o ensino da biologia nas escolas.

Além disso, é importante destacar que a biologia assim como as demais áreas estudadas na escola não são conhecimentos fragmentados, que não se interligam, pelo contrário, conhecer profundamente como ocorre os processos do dogma central da biologia molecular, entender o

funcionamento das Leis de Mendel, assim como os processos de divisão celular (mitose e meiose) e a quase infinidade de assuntos da Biologia, faz com que se torne possível compreender como tudo está relacionado de uma forma linear.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. S. A Biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem. Revista HOLOS, Ano 20, outubro, 2004.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Biologia em contexto. São Paulo: Moderna, 1 ed., vol. 2, 2013.

ARANTES, O. M. N. A bioética e a segurança alimentar: alimentos geneticamente modificados. Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde, 14(3): 14-20, 2012.

BAUER, M.W; GASKELL, G. Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático. Petrópolis: Vozes, 2002.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Trad. Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BERTOLDI, M. R. Biotecnologia moderna e desenvolvimento humano sustentável: uma composição possível. Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofia, Política y Humanidades, ano 17, nº 33, p. 211-227, 2015.

BRASIL, Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Ensino Médio. Brasília (DF), 2000.

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais e aplicadas às organizações. Revista Interinstitucional de Psicologia, 6 (2), jul-dez, p. 179-19, 2013.

CAMPOS, C. J. G. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. Revista Brasileira de Enfermagem, Brasília (DF), set/out;57(5):611-4, 2004.

CARDINALI, S. M. M.; FERREIRA, A. C. A aprendizagem da célula pelos estudantes cegos utilizando modelos didáticos tridimensionais: um desafio ético. Revista Benjamin Constant, Ed. 46, 2010.

CAVALCANTE, R. B.; CALIXTO, P.; PINHEIRO, M. M. K. Análise de conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. Revista Inf. & Soc.:Est., João Pessoa, v.24, n.1, p. 13-18, jan./abr. 2014.

CÉSAR, da S. J.; SEZAR, S. Biologia. São Paulo: Saraiva, 7 ed., vol. 3, 2005.

CHAVES, E. J. F.; CAMAROTTI, M. de F. Análise de conteúdo de livros didáticos de Biologia: uma perspectiva sobre os temas Biotecnologia e Engenharia Genética no Ensino Médio. Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica, Vol. 5, nº 3, p. 86-112, 2015.

DIAS, M. A. da S. Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de Biologia: evidências a partir das provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN (2001-2008). Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande no Norte - UFRN 275 p., 2008.

DIREITO, I. C. N.; FIGUEIRÓ, R.; ALVES, M. P.; OLIVEIRA, A. M. D.; MELLO, M. C.; COELHO, M. R. G.; SALLES, J. B.; VIEIRA, J. M. B. D.; SILVA, L. P.; DOCILE, T. N.; ASSIS, M. C. Conhecimento Científico em Biotecnologia de estudantes do Ensino Médio de escolas públicas na Zona Oeste do Rio de Janeiro. Revista Práxis, ano VI, nº 11, Jun., 2014.

FIGUEIREDO, L. H. M.; PENTEADO, M. I. O.; MEDEIROS, P. T. Patenteamento em biotecnologia agropecuária: cenário brasileiro. Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, ano IX, nº 36, 2006.

FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos de Biologia. Revista Acta Scientiae, v.17, n. 2, p. 496-509, maio/ago. 2015.

FOSSÁ, M. I. T. Proposição de um constructo para análise da cultura de devoção nas empresas familiares e visionárias. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Conteúdos de genética básicos para a formação de cidadãos críticos no ensino médio segundo professores e docentes: em comparação com o defendido na literatura. In: IX ANPED SUL - Seminário de pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa, coordenado pela Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica - Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. - Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: estudos fundamentais. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n.3, p. 20-29, Mai/Jun, 1995.

HAMIDO, G.; UVA, M. Ética em educação: sentidos, razões e consequências. Revista INTERACÇÕES, nº 21, p. 1-12, 2012.

KAPP, A. M.; MIRANDA, E. M.; FREITAS, D. Possibilidades para o desenvolvimento do processo formativo dos docentes no campo biotecnológico. In: Simpósio Internacional de Educação à Distância - SIED e Encontro de Pesquisadores Em Educação à Distância, 2014.

LIPTON, B. H. A Biologia da crença - Ciência e espiritualidade na mesma sintonia: o poder da consciência sobre a matéria e os milagres. Tradução YMA VICK, BUTTERFLY EDITORA São Paulo -2007.

LOPES, R. M. A concepção do ensino de clonagem nos livros didáticos de biologia do ensino médio numa perspectiva histórica. Universidade Federal do Ceará (Dissertação de Mestrado), 2015.

LOPES, S.; ROSSO, S. Bio. São Paulo: Saraiva, 1 ed., vol. 2, 2010.

MALAJOVICH, M. A. M. de. Biotecnologia. 2º Edição: Rio de Janeiro, p. 1- 312, 2016.

MOURA, M. M. M. de; FALCÃO, R. A. O ensino de Genética e suas contribuições para compreensão da temática organismos transgênicos. In: V Encontro de Pesquisa Educacional em Pernambuco - V ENPEPE, 2014.

OLIVEIRA, E.; ENS, R. T.; ANDRADE, D. B. S. F.; MUSSIS, C. R. Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 4, n.9, p.11-27, maio/ago. 2003.

OLIVEIRA, A.A. Observação e entrevista em pesquisa qualitativa. Revista FACEVV, Universidade Federal de Alagoas, v. 1 n.4, p. 22-27, 2010.

PATINHO, L. C. Visões sobre gene de pesquisadores em Genética, Biologia Molecular e Genômica em diferentes níveis de formação. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia - UFBA, 96 p., 2017.

PEDRANCINI, V. D. A organização do ensino de Biologia e o desenvolvimento do pensamento conceitual. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá - UEM, 225 p., 2008.

PEZENTE, V. T. Bioética e Biossegurança: Interface necessária no ensino da biotecnologia em programas de pós-graduação no Brasil. Revista de Ciências da Saúde, nº 29, 2017.

PINHEIRO, M. C.; SCHIENGOLD, M. Como são tratados importantes conceitos da área de genética nos livros didáticos do ensino médio. In: 57º Congresso Brasileiro de Genética. Resumos. Águas de Lindóia - SP, 2011.

REIS, P. O ensino da ética nas aulas de ciências através do estudo de casos. Revista INTERACÇÕES, nº. 5, p. 36-45, 2007.

ROSA, C. P.; RIBAS, L. C.; BARAZZUTTI, M. Análise de Livros Didáticos. In: III Escola de Inverno de Educação Matemática, I Encontro Nacional PIBID-Matemática, 2012.

SARTIN, R. D.; MESQUITA, C. B.; SILVA, E. C.; FONSECA, F. S. R. Análise de conteúdo de botânica no livro didático e a formação de professores. In: Anais do IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4, 2012.

SANTOS, F. M. dos. Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin. Resenha de: [BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Ed. 70, 2011, 229p.] Revista Eletrônica de Educação. São Carlos, SP: UFSCar, v.6, no. 1, p.383-387, mai. 2012.

SCHOR, N.; BOIM, M. A.; SANTOS, O. F. P. Bases moleculares da biologia, da genética e da farmacologia. São Paulo, Editora Atheneu, 2003.

SILVA, L. R. C. da; DAMACENO, A. D.; MARTINS, M. da C. R.; SOBRAL, K. M., FARIAS, I. M. S. de. Pesquisa documental: alternativa investigativa na formação docente. In: IX Congresso Nacional de Educação - EDUCERE, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, 2009.

SILVA, L.C. H; CAVALCANTI, D. P. DNA e suas aplicações biotecnológicas: uma análise da aprendizagem dos professores da Educação Básica. Revista da SBEnBio - Associação Brasileira de Ensino de Biologia, nº 7, 2014.

Submetido em: junho de 2018

Aprovado em: dezembro de 2019