

A PERCEPÇÃO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO EM RELAÇÃO À INTERAÇÃO GENE-ORGANISMO- AMBIENTE

THE PERCEPTION OF HIGH SCHOOL STUDENTS RELATED TO GENE-ORGANISM- ENVIRONMENT INTERACTION

Eduarda Maria Schneider

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), PR, Brasil

emschneiderbio@hotmail.com

Lourdes Aparecida Della Justina

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), PR, Brasil

lourdesjustina@gmail.com

Fernanda Aparecida Meglhioratti

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), PR, Brasil

meglhioratti@gmail.com

Resumo

Tendo em vista a importância de compreender as complexas interações que permeiam os processos genéticos foi proposto aos alunos de um terceiro ano do ensino médio um módulo didático sobre o conceito de gene em uma perspectiva histórica e epistemológica. Este visou possibilitar aos alunos refletirem sobre as complexas redes e fatores que interferem no desenvolvimento orgânico. Neste contexto, o objetivo do presente artigo é analisar as percepções de estudantes do ensino médio referentes à interação gene-organismo-ambiente mediante a aplicação de dois questionários, um pré e um pós-desenvolvimento do módulo didático. A análise das questões do primeiro questionário demonstrou que os participantes apresentavam, inicialmente, a visão reducionista de que o DNA determina as características dos organismos. Já nas questões do segundo questionário os estudantes buscaram significar de forma contextualizada a interação gene-organismo-ambiente, havendo a inclusão conceitual do organismo e também do desenvolvimento orgânico em suas explicações.

Palavras-chave: Ensino de Biologia; módulo didático; interação gene-organismo-ambiente.

Abstract

In view of the importance of understanding the complex interactions that underlie the genetic processes it has been offered to the students in a third year high school a teaching module about the concept of gene in a historical and epistemological perspective. This aims to enable students to reflect on the complex networks and factors affecting the development of genetic traits. In this context, the objective of this article is to analyze the perceptions of high school students regarding to gene-organism-environment interaction through the application of two questionnaires, a pre and a post-development of the didactic module. The analysis of the questions of the first questionnaire showed that participants had, initially, the reductionist view that DNA determines the characteristics of organisms. Now in the second survey

questions students sought to mean in the context the gene-organism-environment interaction, with the inclusion of the conceptual development of the organism and also organic.

Key words: Biology teaching; teaching module; gene-organism-environment interaction.

Introdução

No cenário atual do desenvolvimento científico e tecnológico, uma das áreas da ciência que se destaca devido a sua constante reconstrução do conhecimento biológico é a genética, ramo que estuda o armazenamento, a transmissão e a expressão de características no desenvolvimento, funcionamento e reprodução dos organismos vivos, constituindo-se em uma área especializada da biologia, integrando conceitos estruturantes desta ciência (JUSTINA e FERRARI, 2010). Além de ser uma área integradora da biologia, a genética é um dos ramos que mais tem apresentado mudanças nos últimos tempos, tanto nos seus aspectos tecnológicos como conceituais. Desta forma, a sociedade contemporânea necessita de uma educação científica que atenda às exigências decorrentes do estado atual do conhecimento científico e suas aplicações, especialmente na área da genética. Vários autores concordam que devido aos extraordinários avanços da genética é importante e indispensável, que o público em geral tenha mais e melhores informações sobre essa ciência, para compreender as aplicações e as implicações da genética, formando cidadãos críticos para discutir os rumos e os usos dos avanços científicos e suas implicações sociais, éticas, políticas e econômicas (JUSTINA e FERRARI, 2010; LIMA, PINTON e CHAVES, 2007; XAVIER, FREIRE e MORAES, 2005).

Para que esta formação científica ocorra é necessário que a escola exerça seu papel fundamental de incorporar no ensino métodos para trabalhar com os novos achados da ciência fornecendo uma base sólida de conhecimento. Segundo Xavier, Freire e Moraes (2005) o acelerado avanço do conhecimento, especialmente em algumas áreas como a biologia (biotecnologia e genética molecular), apresenta um grande desafio referente à definição do conteúdo programático da escola. Neste contexto, as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) sugerem que as aulas sejam norteadas com assuntos de interesses atuais, afinal, “a linguagem científica tem crescentemente integrado nosso vocabulário; termos como DNA (ácido desoxirribonucléico), cromossomo, genoma, clonagem, efeito estufa, transgênico” (BRASIL, 2000).

No âmbito das propostas dos PCNEM, o DNA é um tema que pode ser amplamente trabalhado mediante uma abordagem interdisciplinar, integrando principalmente as áreas de química e biologia, e promovendo uma relação entre as construções científicas e tecnológicas que, por sua vez, pode imprimir mudanças de hábitos na sociedade. Para o ensino de biologia, os PCNEM deixam clara a necessidade da descrição do material genético em sua estrutura e composição, vinculada a uma abordagem que permita o desenvolvimento de um posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas no mundo (FERREIRA e JUSTI, 2004).

Referentes ao DNA uma das questões científicas mais em pauta no final do século passado foi o Projeto Genoma Humano. Os avanços deste projeto foram divulgados, muitas vezes, de uma forma que deixa a impressão de que o conhecimento detalhado da estrutura e do funcionamento dos genes de um organismo é suficiente para explicar esse organismo. Esta perspectiva reducionista e determinista se estende, não raro, ao entendimento do ser humano (EL-HANI, 2007). No entanto os seres humanos não podem ser reduzidos a genes. Os fatores ambientais, a educação, as experiências e hábitos humanos têm impacto decisivo na expressão dos genes. Assim como as motivações psicológicas, os valores culturais e o contexto histórico

de cada pessoa desempenham um papel importante na expressão das características humanas (JUSTINA e FERRARI, 2010).

Neste contexto propõe-se neste trabalho analisar as percepções de estudantes do ensino médio referentes à interação gene-organismo-ambiente mediante o desenvolvimento de um módulo didático do conceito de gene em uma perspectiva histórica e epistemológica. Tendo em vista que muitas vezes o discurso reducionista e determinista está presente no ensino de genética é de grande importância discutir a relação entre os processos genéticos, o organismo e o ambiente com um todo.

Genes, organismo e ambiente: uma inter-relação mútua

Assuntos referentes à evolução biológica e a transmissão das características hereditárias sempre estiveram no patamar das discussões científicas, instigando observações e curiosidades de cientistas e da população em geral, desenvolvendo-se desde a época dos gregos, porém, para explicar o fenômeno da herança biológica era preciso conhecer os princípios básicos da reprodução dos seres vivos, o que só ocorreu na segunda metade do século XIX (MOREIRA e LAIA, 2008; MEGLHIORATTI, ANDRADE e CALDEIRA, 2010).

Durante os séculos XVIII e XIX, o procedimento padrão de se procurar informações a respeito da hereditariedade era por meio de cruzamentos. Indivíduos com estados contrastantes de características eram cruzados, sendo sua descendência analisada. Foi nesse período que Gregor Mendel, trabalhando com cruzamentos, chegou a resultados promissores sobre a hereditariedade, publicando seus resultados em 1865. Apesar do seu trabalho não ter tido uma ampla repercussão na época, este contribuiu para a construção de novos rumos na ciência da hereditariedade, (JUSTINA e FERRARI, 2010).

Nos primeiros anos da genética clássica, não havia ainda uma distinção clara entre o caráter manifesto (o fenótipo) e o potencial herdado de apresentar tal caráter (genótipo). Foi então que em 1909 o geneticista dinamarquês Wilhelm Johannsen cunhou e conceituou o termo gene para se referir aos aspectos da herança biológica, que desde então vem se estruturando e se modificando até os dias de hoje. O termo gene foi proposto na teoria da herança genotípica em seu livro *Elemente der exakten erblichkeitslehre* (Elementos exatos da hereditariedade genética), publicado em 1909. Como aponta Mayr (1998), antes de 1909 não havia um termo aceito de modo geral para denominar o fator genético que correspondia a determinado caráter visível. É importante destacar que o termo gene é proposto com um valor instrumental, não estando associado à existência de uma partícula física material. Isso pode ser visto nas citações a seguir:

[...] vou propor os termos "gene" e "genótipo" e mais alguns termos, como "fenótipo" e "biótipo", a serem utilizados na ciência da genética. O "gene" é uma palavra muito pouco aplicável, facilmente combinado com outros, e, portanto, pode ser útil como uma expressão para a "unidade de fatores", "elementos" ou "alelomorfos" nos gametas, utilizadas por modernos pesquisadores mendelianos. O "genótipo" é a soma de todos os "genes", em um gameta ou em um zigoto [...] Todas as características de organismos, distinguíveis por inspeção direta da aparência ou por descrição dos métodos de medição, poderão ser caracterizadas como "fenótipo" (JOHANNSEN, 1911, pp. 132-133).

Quanto à natureza dos "genes" não é de valor propor alguma hipótese, mas a noção de "gene" abrange uma realidade que é evidente a partir do Mendelismo. Os mendelianos têm o grande mérito de serem prudentes em suas especulações. (JOHANNSEN, 1911, p. 133).

Como se pode perceber o conceito de gene proposto por Johannsen faz referência a uma unidade instrumental de cálculo, o qual pode ser designado por “gene mendeliano” - “um conceito abstrato de natureza instrumental, uma unidade de cálculo para expressar a regularidade da transmissão de caracteres fenotípicos em cruzamentos” (FALK, 1986 *apud* SANTOS e EL-HANI, 2009). Mesmo com algumas controversas, o “gene mendeliano” acabou por se afirmar como um conceito chave da genética, no entanto ao longo do século XX novas pesquisas modificaram e adicionaram novos conceitos a este termo, como por exemplo, em 1953, a descrição da molécula de DNA e os estudos que se seguiram a isso permitiram a formulação do conceito molecular clássico de gene, no qual se entende o gene tanto como unidade estrutural quanto como unidade funcional. Este conceito ficou conhecido como “dogma central da biologia molecular”, no qual se afirma que a passagem da informação genética segue do DNA para o RNA (ácido ribonucléico) e daí para as proteínas (WAIZBOART e SOLHA, 2007).

Percebe-se que ao longo da história encaminha-se a ideia de uma unidade estrutural como responsável pela hereditariedade. Quando cunhado por Johannsen o conceito de gene veio a substituir o conceito das unidades da hereditariedade conhecidas como “gêmulas”, defendido por Darwin, este por sua vez foi proposto para suprir o conceito de “determinantes”, formulado por August Weismann e antes dos “determinantes” de Weismann, predominava o conceito de “pangenes”, inicialmente proposto por Hugo de Vries. Os conceitos das gêmulas, dos determinantes e dos pangenes tinham um princípio embutido, eram pré-formacionistas, pois tudo estaria pré-determinado. Todavia, Johannsen observava um equívoco dessa teoria, ressaltando que a transmissibilidade das características de uma geração para outra não era bem assim e, para tirar essa conotação, propôs o termo gene (CONSOLARO, 2009).

Porém apesar de romper com a teoria dos pré-formacionistas o conceito de gene acabou por gerar o determinismo genético, pois, as características dos seres vivos seriam determinadas pelas unidades hereditárias, os genes. Esse conceito, por ser muito incisivo e fechado, acabou por ser dogmaticamente utilizado na mídia e até mesmo no ensino de genética, não ponderando, muitas vezes, que a transmissão das características de um ser para outras gerações não depende exclusivamente dos genes, mas sim, da célula como um todo, com o seu citoplasma, suas mitocôndrias e o material genético que carrega em sua estrutura, bem como o organismo como um todo, e a complexidade do meio ambiente (CONSOLARO, 2009).

O início do século XXI foi marcado sob os holofotes da mídia, pelos constantes avanços da biologia molecular no detalhamento da constituição genética dos seres vivos. Ancorada a descrição do genoma humano encontra-se a crença de que a identificação dos genes humanos possibilitará a antecipação das características que um indivíduo irá desenvolver ao longo de sua vida. Esse conhecimento poderia abrir as portas para o domínio de técnicas que dariam um controle sem precedentes sobre o que os indivíduos são ou virão a ser. Sem dúvidas isto representa um grande deslumbramento, e também uma excitação legítima, contudo, não se deve deixar de assinalar que ela se sustenta em visões simplistas do processo de desenvolvimento (LEWONTIN, 2000).

Como demonstram os resultados das pesquisas moleculares e do projeto genoma, a biologia é mais complicada do que muitas pessoas gostariam. Os avanços das pesquisas ratificam cada vez mais desafios para o que os pesquisados afirmam já estar conhecido. Como em relação ao conceito de gene e a expressão gênica, o *splicing* alternativo de RNA, os transposons, os genes superpostos e nidados (*nested genes*, que são genes que são encontrados dentro de outros genes), os genes interrompidos e a edição de RNA mensageiro (RNAm), são

alguns exemplos de processos que apresentam desafios a estes conceitos da biologia. Além disso, o baixo número de genes, e o desafio de reconhecer o início e o fim de um gene na estrutura filamentar do DNA, sendo que estes podem ser permeados por outro gene que usa apenas parte desse gene, são algumas frustrações geradas com o anúncio do sequenciamento feito pelo projeto genoma humano, o qual de certa forma esperava conclusões como: “aqui estão os genes, distribuídos dessa forma em cada cromossomo e com cada função definida” (CONSOLARO, 2009; SANTOS e EL HANI, 2009).

No projeto genoma detectou-se o sequenciamento do filamento do DNA, mas não onde se iniciam e terminam todos os genes envolvidos na formação e funcionamento do homem. Para mostrar a complexidade desse sistema, ainda têm-se os genes saltatórios, que podem mudar de posição no filamento do DNA no contexto dos cromossomos. Esses apresentam maior dificuldade de identificação e isolamento. Todos estes e ainda outros achados moleculares, indicam a existência de mecanismos genéticos que fazem a célula mais dinâmica e complexa do que se suspeitava antes (CONSOLARO, 2009). O DNA é mais um, entre tantos outros componentes da célula, responsável pelas funções do organismo. O DNA é apenas “a matéria prima crucial e absolutamente indispensável, mas não mais que isso” (KELLER, 2002, p. 84).

Desta forma, ao longo da história os resultados das pesquisas moleculares foram desvendando que no que se refere ao desenvolvimento, nem tudo está nos genes, e sim em um processo muito mais complexo do que frequentemente se supunha nos círculos científicos. Referindo-se ao estudo do desenvolvimento, seja ele cognitivo, social ou motor, deve sempre levar em conta que o processo faz parte de um contexto mais amplo, marcado por interações complexas entre gene e ambiente. De fato, considerando o indivíduo como um sistema aberto, isto é, um sistema em constante troca de energia/matéria e informação com o meio ambiente, não é possível apreender o significado e a natureza do desenvolvimento dissociando o indivíduo de seu meio (PERROTTI e MANOEL, 2001).

De tal modo, o desenvolvimento de um organismo depende de seu estado num determinado momento e dos sinais ambientais que o estejam afetando. Assim, indivíduo e ambiente interagiriam dinamicamente no desenvolvimento e, em virtude dessa interação, cada uma das partes seria transformada pela outra. O organismo é, então, resultado tanto de seus genes quanto da sequência temporal de ambientes pelos quais ele passou (LEWONTIN, 2000). Os genes expressam apenas uma norma de reação específica a diferentes ambientes, ou seja, um mesmo genótipo expressa diferentes fenótipos em ambientes variados, de uma maneira não previsível. Sendo assim as características de um organismo podem ser afetadas por diferenças genéticas e/ou ambientais, apresentando-se como uma ação conjunta de gene e ambiente (TIDON, 2006).

Do intenso contato entre ambos, surgem características novas no organismo e no ambiente, um influencia e é influenciado pelo outro, dessa forma, ambos se constroem a partir dessa interação. O que não se sabe, porém, é o quanto das diferenças entre os diversos seres humanos se deve à genética, e o quanto se deve ao ambiente (PERROTTI e MANOEL, 2001).

Visando compreender a importância relativa de fatores internos e externos para o fenótipo, foram propostas tentativas de se quantificar as contribuições do genótipo e do ambiente, como, por exemplo, os cálculos de herdabilidade. Entretanto, considerando que a influência de um dado fator geralmente depende da influência de outros, torna-se impossível atribuir pesos fixos para os componentes da variação fenotípica de ordem genética e ambiental (TIDON, 2006, p. 42).

Na tentativa de esquematizar um processo de desenvolvimento não enraizado em perspectivas reducionistas, mas em interações nos mais diversos níveis (genes, seus produtos, fenótipo, ambiente), Waddington (1957) *apud* Perrotti e Manoel (2001) propôs uma metáfora

do desenvolvimento, denominado *paisagem epigenética*. Este conceito procura explicar de forma mais específica a interação organismo-ambiente, transferindo o foco do gene como agente do desenvolvimento para todo um sistema, que inclui outros agentes e sem os quais o desenvolvimento não acontece. Interações entre células, tecidos e órgãos, entre organismos e entre os organismos e o contexto da interação são tão importantes quanto às próprias células, tecidos, órgãos, etc. (PERROTTI e MANOEL, 2001).

Entre os fatores epigenéticos mais citados estão os fatores ambientais como alimentação, poluição, drogas e exercícios, que podem modificar a expressão dos genes durante a divisão celular. Em 2001, muitas frustrações aconteceram com o anúncio do sequenciamento do genoma humano, pois se esperava muitas respostas para doenças como obesidade, diabetes e câncer. Porém, elas não vieram, pois os genes representam apenas um entre diversos outros fatores envolvidos no funcionamento celular (CONSOLARO, 2009).

Diante da complexidade, instituiu-se na genética pelo dogmatismo do DNA o determinismo genético, o qual é frequentemente utilizado no ensino, como uma forma didática para ensinar os processos genéticos. “Como decorrência, a maioria dos livros de genética e evolução considera que os organismos são “determinados” por seus genes” (TIDON, 2006, p. 42). Algumas vezes, essa explicação genética é usada inclusive para justificar fenótipos comportamentais como, por exemplo, a tendência à violência ou ao alcoolismo. Neste contexto considerando-se a importância de propor métodos para estabelecer a devida relação entre os processos genéticos, o organismo e o ambiente com um todo, descreve-se na sequência os procedimentos metodológicos na coleta e análise de dados acerca das percepções de alunos de ensino médio a respeito da interação gene-organismo-ambiente, quando em contato com um estudo sobre o conceito de gene e a complexidade do desenvolvimento das características dos organismos.

Metodologia da pesquisa

A presente pesquisa apresenta uma análise quanti-qualitativa da aplicação de um módulo didático sobre conceitos genéticos e foi realizada durante o período de regência do estágio supervisionado em Biologia realizado com 39 alunos de um 3º ano de ensino médio de uma escola pública de Cascavel – PR em doze aulas de cinquenta minutos. Durante o desenvolvimento deste módulo foram aplicados dois questionários adaptados do instrumento de pesquisa utilizado por Paiva e Martins (2004), um inicial de doze questões dissertativas, com o objetivo de verificar as concepções prévias que os alunos possuem sobre questões relacionadas ao conceito de gene, DNA e cromossomo, e um questionário final com quatro questões dissertativas e uma de múltiplas escolhas, aplicado após todas as atividades terem sido trabalhadas para verificar o aprimoramento das concepções dos alunos perante o tema. No presente trabalho são analisadas as respostas de duas questões do questionário inicial (Q1 e Q2) e duas do questionário final (Q3 e Q4), relacionadas às percepções dos alunos sobre a interação gene-organismo-ambiente, sendo estas apresentadas no *Quadro 1*, as quais foram expostas à análise de conteúdo, de acordo com Bardin (1977). Tal método baseia-se na junção de um grupo de técnicas de análises dos relatos, no qual são utilizados procedimentos sistemáticos sobre o conteúdo das mensagens, como indicadores que possibilitam a verificação de informações referentes às condições de produção e recepção de tais mensagens. A análise das questões pautou-se em um procedimento quanti-qualitativo mediante a elaboração de categorias de análise de acordo com o discurso dos sujeitos analisados. Os sujeitos da pesquisa foram identificados por letra A (alunos), seguida de numeração (A-01, A-02, A-03), preservando assim sua identidade.

Quadro 1: Questões referentes às percepções dos alunos sobre a interação gene-organismo-ambiente.

Questões do questionário inicial:

Q1 – Os cientistas conseguiram identificar o código genético da espécie humana. Para você, isso seria suficiente para se fazer uma previsão de como um indivíduo vai ser no futuro? Explique sua resposta.

Q2 – Se fosse feito um clone seu, você acha que ele seria totalmente igual a você, tanto fisicamente como comportamental? Justifique.

Questões do questionário final:

Q3 - Você concorda com a afirmação de que o núcleo das células tem todas as informações para formar as características dos seres vivos?

Q4 – Se alguns genomas como do chimpanzé e do camundongo são tão parecidos com o dos humanos, como apresentamos tantas diferenças?

O módulo didático foi composto por três unidades didáticas, desenvolvidas em doze aulas de cinquenta minutos em uma turma de terceiro ano do ensino médio. Estas unidades incluíram a realização do questionário inicial, o desenvolvimento das aulas e o questionário final, conforme descrito no *Quadro 2*.

Quadro 2: Sequência de unidades didáticas do módulo didático.

<i>Unidades didáticas</i>	<i>Conteúdo/Atividade</i>	<i>Nº de aulas</i>
1	Aplicação do questionário inicial. A contextualização do gene, DNA e cromossomo na célula eucariótica.	3
2	A história da hereditariedade e o conceito de gene nos diferentes períodos históricos.	3
3	O conceito de gene nos diferentes períodos históricos, e a visão determinista do gene/DNA. Aplicação do questionário final.	6

Resultados e discussões**As concepções dos alunos em relação à interação genoma-ambiente**

Para verificar as concepções dos alunos sobre a interação gene-organismo-ambiente foram feitas duas questões dissertativas no início das atividades do módulo. A análise das respostas da Q1 está exposta no *Quadro 3*.

Quadro 3: Análise das respostas dos alunos referentes a determinação genética de como um indivíduo vai ser no futuro.

<i>Categorias</i>	<i>Alunos</i>
Sim, o DNA determina como o indivíduo vai ser no futuro.	A2, A3, A4, A7, A11, A14, A22, A37.
Sim, mas determina somente as características físicas.	A5, A6, A8, A10, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A20, A21, A28, A29, A30, A35, A36, A38.
Sim, mas somente referente às doenças.	A9, A31, A32, A34, A39.

Não	A23, A24, A25, A26, A27, A31, A33.
Respostas incompreensíveis	A1, A19.

Como se pode observar no *Quadro 3*, há um número maior de respostas relacionadas à concepção determinista, de que o DNA determina as características dos indivíduos. Ressalta-se que na maioria das respostas (18), os alunos apontam que somente é possível determinar as características físicas e não as comportamentais, por exemplo, como expressão as falas abaixo:

A5: De certa forma, por que as características físicas podem até ser determinadas, mas o emocional já não.

A6: Sim, porque é o material genético que distinguira nossa cor da pele, cor dos cabelos, cor dos olhos, entre outros.

A18: Não, poderíamos até ter uma noção de como ele seria fisicamente, mas não saberíamos o seu comportamento.

Em outras oito respostas, se observa que os alunos admitem que o DNA determina muito mais que as características físicas, apresentando em suas respostas uma ênfase maior no determinismo biológico, como se pode observar nas falas abaixo:

A2: Sim, pois conseguindo o código genético conseguiremos fazer um mapeamento genético e prever como este indivíduo será.

A4: Sim, por que é o nosso material genético que vai mostrar como vamos ser no futuro.

A11: Sim, porque cada um de nos carrega uma herança genética.

Outras cinco respostas também apresentaram visões deterministas, porém estas estiveram relacionadas mais com questões patológicas. Isto talvez seja devido à ênfase da mídia em apresentar que o DNA tem a resposta e a cura para todas as doenças. Como exemplo segue as respostas abaixo:

A9: Poderia, com o mapeamento genético, pode-se concertar “um gene defeituoso” que possa futuramente gerar um indivíduo defeituoso, e com isso gerar um indivíduo sem defeitos.

A32: Talvez eles consigam achar formas de tratar doenças relacionadas aos genes.

A39: Sim, porque pelo DNA podem-se prever doenças que o indivíduo apenas futuramente viria a ter.

Exemplos de respostas que afirmaram não ter como fazer a previsão das características que o indivíduo vai expressar no futuro foram:

A24: Não, já que o ser humano nunca será igual o outro em seu modo de pensar ou agir.

A33: Não, porque ninguém tem como saber exatamente como vai ser no futuro.

Como se podem observar na análise da Q1 vários alunos acreditam ser possível prever as características que o indivíduo vai expressar no futuro apenas tendo conhecimento do DNA, mesmo tratando-se apenas das características fisiológicas ou da presença de doenças genéticas. Entretanto, conforme Tidon (2006), a vasta maioria das características morfológicas, fisiológicas ou comportamentais não seguem padrões tão simples, pelo contrário, o fenótipo dos organismos ao longo do desenvolvimento é marcado por interações complexas entre genótipo e ambiente.

As respostas dos alunos referentes à Q2: “Se fosse feito um clone seu, você acha que ele seria totalmente igual a você, tanto fisicamente como comportamental?” estão expostas no *Quadro 4*.

Quadro 4: Análise das respostas dos alunos referentes a Q2.

<i>Categorias</i>	<i>Alunos</i>
Sim	A2,
Não	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29, A30, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39.

Como se pode observar apenas um aluno (A2) respondeu que sim, um clone seria totalmente igual à pessoa clonada. Essa resposta é apresentada a seguir:

A2: sim, pois esse clone não seria clone se não fosse exatamente igual.

Todos os outros alunos apresentaram em suas respostas, que o clone apenas seria igual fisicamente, mas não comportamental. Algumas destas respostas podem ser observadas a seguir:

A1: Não, porque nenhum DNA é igual ele pode até ser igual na aparência física, mas no comportamental não.

A5: Não, a parte física pode ser parecida, mas o comportamental da pessoa será diferente.

A7: Fisicamente creio que sim, mas o seu emocional e o pensamento seriam distintos dos meus, pois sua formação comportamental seria diferente da minha, assim teríamos modos de pensar e agir diferentes.

A32: Fisicamente sim, mas comportamentalmente acho que não, pois o comportamento é determinado por vários fatores.

A partir da análise dessas respostas, verifica-se que a maioria dos estudantes concorda que o ambiente pode influenciar algumas características humanas, expondo ainda que a personalidade de uma pessoa não tem relação com seu material genético, corroborando com os dados de Paiva e Martins (2004) ao admitirem um componente fortemente não determinista em relação ao comportamento. Segundo Keller (2002), é de extrema importância ensinar aos estudantes o modo como o DNA é replicado, reparado e expresso em proteínas e RNAs de forma integrada com todos os fatores celulares que interferem nestes processos, para romper com as ideias de que o DNA se auto-replica e controla todos os processos genéticos. Segundo a autora é também importante tratar sobre os sistemas genômicos e as pesquisas produzidas nos últimos anos, para expor a necessidade de deixar de lado visões deterministas de que o DNA teria a resposta para tudo, enfatizando a necessidade de compreender o genoma como um sistema interativo e complexo.

As novas percepções dos alunos em relação à interação gene-organismo-ambiente

Após todas as atividades, do módulo didático sobre o conceito de gene, terem sido trabalhadas foi aplicado um questionário final, do qual são analisadas deste trabalho duas questões referentes à interação gene-organismo-ambiente que contemporizam das questões do questionário inicial, para verificar se houve mudança nas percepções dos alunos sobre o tema.

Na análise da questão Q3: “Você concorda com a afirmação de que o núcleo das células tem todas as informações para formar as características dos seres vivos?” percebe-se

nas respostas dos alunos uma visão mais sistêmica dos processos biológicos, considerando fatores externos ao genótipo na constituição das características. A maioria dos alunos incluiu em suas respostas a influência do ambiente e de diversos fatores para formar as complexas características dos organismos, o que pode ser observado nos exemplos das respostas a seguir:

A2: Não, pois é preciso de mais fatores para formar as características de um ser vivo.

A4: Não. O DNA não daria conta de formar tudo individualmente, pois o nosso corpo é muito complexo.

A7: Não, pois apesar de conter genes que tem tendência a certas dessas características não depende somente do núcleo celular, existem vários fatores influenciadores que determinam nossas características.

A10: As nossas características são fornecidas por vários fatores, a influência vem desde o DNA como até o ambiente onde vivemos influência nisso.

É nessa compreensão dos sistemas genéticos como complexas redes, em que agem diversos fatores celulares que o conceito de gene deve ser abordado. Segundo Keller (2002), é preciso enfrentar os desafios colocados pela complexidade biológica e construir novas maneiras de falar, sendo essencial compreender os complexos sistemas de interação entre os processos e as entidades que compõem os sistemas vivos e, para isso, superar hábitos enraizados de pensamento e linguagem reducionista referentes às partes do sistema, compreendendo o sistema como um todo.

Também na questão Q4: “Se alguns genomas como do chimpanzé e do camundongo são tão parecidos com o dos humanos, como apresentamos tantas diferenças?” os alunos apontaram em suas respostas diversos fatores, da interação gene-organismo-ambiente, como se pode observar nas respostas a seguir:

A1: O genoma não dá todas as características necessárias para formar os seres vivos, suas características também são influenciadas pelo ambiente. E pequenas diferenças podem influenciar muito em nosso desenvolvimento, sendo este um processo muito complexo.

A2: Pode ser devido aos tipos de proteínas que cada um precisa, o ambiente que vive, o modo de vida e vários fatores responsáveis.

A7: As diferenças existem, pois as características dos seres vivos não dependem somente dos genes, existem outros fatores que interferem nas características.

A11: A diferença está ligada também à evolução de todos os seres vivos, muitos genomas são semelhantes, mas possuem diferenças na edição do DNA.

A31: Por mais que os códons e anticódons sejam iguais para todas as espécies, talvez hajam proteínas produzidas especificamente para cada espécie, isto é, o processo é diferenciado. O meio onde se vive também pode influenciar no comportamento da espécie.

A32: Pois as características de cada ser vivo dependem não apenas do genoma, mas também das proteínas e processos biológicos, por exemplo, e nesses pode haver grandes variações capazes de tornar as espécies tão diferenciadas.

A partir da análise dessas duas questões, verificou-se que a maioria dos estudantes após o desenvolvimento do módulo didático passou a assentir com mais certeza que o ambiente pode influenciar as características humanas. Muitos alunos concordam que a personalidade de uma pessoa não tem relação com seu material genético, corroborando com os dados de Paiva e Martins (2004). Além disso, indicaram outros elementos celulares, além do DNA, atuantes no desenvolvimento orgânico. Sendo assim, observou-se que os alunos conseguiram construir uma visão mais sistêmica dos processos biológicos referentes à expressão gênica. Desta forma, apesar de reconhecer que trabalhar os processos biológicos de

forma integrada no ensino de biologia apresenta-se como um grande desafio, o módulo didático em uma perspectiva histórica e epistemológica contribuiu para integrar uma percepção mais sistêmica dos processos biológicos na visão dos alunos, representando ser um bom método para trabalhar a compreensão de conceitos biológicos.

Considerações finais

Acredita-se que somente com o acesso das pessoas no ensino formal a novas ideias e formas de conceber a interação gene-organismo-ambiente, poderá haver a ruptura com o reducionismo da visão do determinismo genético. Nesta perspectiva, o estudo realizado mediante o desenvolvimento de módulo didático constituiu-se como uma possibilidade de trabalhar novos conceitos de biologia no ensino médio, contribuindo para a formação de uma visão mais sistêmica, em que as partes estão relacionadas, ou seja, que o DNA é apenas mais uma molécula a integrar a complexa rede de relações que constituem o organismo, evidenciando as inconsistências do conceito molecular clássico de gene, “o dogma central da biologia molecular” (KELLER, 2002).

Em relação à análise da evolução conceitual da amostra investigada, observa-se que os participantes apresentavam, inicialmente, a visão reducionista de que o DNA determina as características dos organismos. No momento que os estudantes buscaram significar de forma contextualizada a interação gene-organismo-ambiente, houve a inclusão conceitual do organismo e também do desenvolvimento orgânico. Salienta-se que a contextualização histórica e epistemológica de conceitos tidos como verdades/permanentes possibilita a reconstrução conceitual, estabelecendo novas fronteiras para o pensamento.

É preciso que as pessoas compreendam no ensino médio, conforme aponta Tidon (2006), que os organismos não são simples entidades que se encontram adaptados a nichos ecológicos. Pelo contrário, o desenvolvimento dos organismos envolve intrincadas relações entre eles próprios, mas também com seus genes e com a sucessão de ambientes nos quais eles se desenvolvem. Também deve ficar claro que a complexidade dessas relações, ainda não está bem compreendida pela comunidade científica.

Salienta-se ainda que uma das grandes dificuldades do ensino de biologia devido à complexidade dos fenômenos a que se refere e a discussão sobre sua construção conceitual é a genética. No entanto, apesar da dificuldade de compreensão conceitual, a genética tem ocupado grande espaço no debate biológico nas últimas décadas, tendo um grande número de realizações científicas, tais como pesquisas genômicas, clonagem, emprego de células-tronco e utilização de organismos transgênicos, divulgadas nos meios de comunicação em massa (LIMA, PINTON e CHAVES, 2007). Dessa forma, as temáticas relacionadas à genética ganharam novos espaços e passaram a fazer parte de um discurso presente na sociedade tornando-se de extrema relevância no âmbito do ensino estabelecer a devida relação entre os processos genéticos, o organismo e o ambiente com um todo, permitindo um entendimento crítico em relação às características dos organismos, levando os alunos a uma reflexão em relação às notícias divulgadas pela mídia, nas quais o gene é visto, muitas vezes, como único elemento determinante de características físicas e sociais.

Referências Bibliográficas

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Martins Fontes, 1977.

BRASIL. Secretaria de educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

CONSOLARO, A. O gene e a epigenética: as características dentárias e maxilares estão relacionadas com fatores ambientais ou Os genes não comandam tudo! Ou O determinismo genético acabou? **Rev. Clín. Ortodon. Dental Press**, Maringá, v. 14, n. 6, p. 14-18, nov./dez. 2009.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 2, p. 297-307, 2007.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. **Ensaio: Pesquisa em educação em ciências**, v. 6, n. 1. *En publicacion:* . FaE, Faculdade de Educacao, UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil: Brasil. Julio. 2004 1415-2150.

KELLER, E. F.. **O século do gene**. Belo Horizonte: Crisálida, 2002.

LEWONTIN, R. C. **Biologia como ideologia: a doutrina do DNA**. Ribeirão Preto: Funpec, 2000.

JOHANNSEN, W. L. The genotype conception of heredity. **The American Naturalist**, 45(531), 129-159, 1911.

JUSTINA, L.A.D.; FERRARI, N. **A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico**. Cascavel: Edunioeste, 2010.

LIMA, A. C.; PINTON, M. R. G. M.; CHAVES, A. C. L. O entendimento e a imagem de três conceitos: DNA, gene e cromossomo no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

MAYR, E. **Desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Tradução de Ivo Martinazzo – Brasília, 1998.

MEGLHIORATTI, F.A.; ANDRADE, M.A.B.S.; CALDEIRA, A.M.A. Ensino de biologia: a necessária compreensão entre biologia e ideologia. In: Ferraz et al. (orgs) **As ciências biológicas em diferentes contextos**. Cascavel: Edunioeste, 2010. p. 9-26.

MOREIRA, L. M.; LAIA, M. L. Uma maneira interativa de ensinar Genética no Ensino Fundamental baseada no resgate da História e na introdução lúdica de técnicas moleculares. **Genética na Escola**, v. 3, n. 2, p. 47-63, 2008.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. de C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do ensino médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2004. Acesso em 14 de jun., 2010. <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/99/148>.

PERROTTI, A. C., MANOEL, E.J. Uma visão epigenética do desenvolvimento motor. **Rev. Bras. Ciên. e Mov.** Brasília v. 9 n. 4 p. 77-82, 2001.

SANTOS, V. C.; 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**, 2009. Acesso em 14 jun., 2010, <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V9N1/v9n1a6.pdf>.

TIDON, R. Gene, organismo e ambiente. **Genética na escola**. 01.02, 41-44 (2006).

XAVIER, M. C.; FREIRE A.S.; MORAES, M.O. A introdução dos conceitos de Biologia Molecular e Biotecnologia no Ensino de Genética no Nível Médio: há espaço para a nova Biologia? In: Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 5, Bauru, **Atas...**Bauru: Abrapec, 2005.