

## INVESTIGAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DIDÁTICO SOBRE O CONCEITO DE GENE NA LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

*Research of didactic unit development about the concept of gene in teacher preparation course in biological science*

**Eduarda Maria Schneider** [emschneiderbio@hotmail.com]  
**Lourdes Aparecida Della Justina** [lourdesjustina@gmail.com]  
**Fernanda Aparecida Meglhioratti** [meglhioratti@gmail.com]  
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná*  
*Rua Universitária, 2069, Cascavel PR, CEP: 85819-110*

### Resumo

Uma das áreas que se destaca devido ao acelerado avanço científico é a genética, a cada dia novas definições são integradas à área e conceitos-chaves são desafiados pelos novos achados desta ciência. Dentre esses conceitos, um indispensável ao entendimento da herança biológica é o de gene, o qual nas últimas décadas vem se destacando como um conceito em tensão devido aos avanços moleculares que o desafiam. O presente estudo investigou o desenvolvimento de um módulo didático sobre o conceito de gene, para estudantes da Licenciatura em Ciências Biológicas, pautado em uma abordagem sistêmica dos processos e fenômenos biológicos. A análise do desenvolvimento do módulo didático evidenciou as dificuldades que os alunos possuem ao integrar conceitos científicos referentes aos complexos processos biológicos. Além disso, verificou-se a (re) construção do conceito de gene pelos alunos durante as atividades desenvolvidas, passando de uma visão mais determinista para uma mais sistêmica desse conceito. Entretanto, notou-se que os alunos mesmo estando em contato com diferentes definições de gene e serem informados sobre alguns dos desafios impostos ao conceito molecular clássico, este permanece na maioria das respostas, podendo até conviver com outras definições de genes, não sendo abandonado em prol de uma mudança conceitual.

**Palavras-chave:** Ensino de genética; Módulo didático; Conceito de gene.

### Abstract

Genetic is the main area that has gotten great visibility with the fast scientific advance. At each day new definitions are integrated to this field and key concepts are defied by the new discoveries of researchers. Among these concepts, an indispensable one to comprehension of biological inheritance is the concept of gene, which has been standing out like an under pressure concept in last few decades, because of molecular advances that want to defy it. This paper researched a didactic unit development about concept of gene with students of the teacher preparation course in Biological Sciences. The analysis of didactic unit development showed that the students present some difficulties to integrate scientific concepts with several biological complex processes. Moreover it verified (re) construction of the gene's concept by these students during the realized activities, changing from a determinist to more systemic view of this concept. However, the students which they present different definitions of gene and they know about few challenges imposed by classic molecular concept, still yet they remain this model in several responses. This model could until coexist with other definitions of gene, don't being quitted by this students, in towards a conceptual change.

**Keywords:** Genetic teaching; Didactic unit; Gene's concept.

## 1. Introdução

Os inúmeros avanços científicos na área de Ciências Biológicas são acompanhados pela inserção de novos conceitos no corpo teórico da Biologia, sendo a compreensão destes, fundamental para o entendimento dos processos biológicos. Ao pesquisar na literatura científica, ou mesmo receber informações por meio da mídia em geral, percebe-se que os novos conhecimentos científicos, além de inserirem novos conceitos, interferem diretamente em alguns conceitos-chaves para o ensino de biologia, o que denota a necessidade de uma educação que atenda às exigências decorrentes do estado atual do conhecimento científico e permita a compreensão da ciência como processo histórico e em construção. Desse modo, a aprendizagem dos conceitos biológicos é um desafio tanto para jovens estudantes quanto para professores e pesquisadores envolvidos com a educação em ciências, sendo as dificuldades de reconstruções conceituais justificadas em parte pela própria dimensão do objeto de estudo da Biologia, a vida em toda sua diversidade.

Vários estudos apontam que os conceitos de genética são difíceis de serem trabalhados no Ensino de Biologia, sendo apresentados de formas distorcidas por estudantes em diferentes níveis de ensino, incluindo o ensino universitário (Lima, Pinton & Chaves, 2007; Paiva & Martins, 2004) e também nos materiais didáticos (Vilas-Boas, 2006). 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 & Chaves, 2007). Dessa forma, as temáticas relacionadas à genética ganharam novos espaços e passaram a integrar o discurso em diferentes segmentos da sociedade.

Ao avaliar especificamente o conceito de gene, percebe-se que este tem desempenhado um papel central na biologia desde a sua introdução no início do século XX (Justina et al., 2010), até os dias de hoje. Porém ao analisar o conceito de gene ao longo da história, percebe-se que este foi se desenvolvendo e diversificando para englobar os novos avanços da genética, existindo na atualidade a convivência de diferentes definições. Apesar do caráter polissêmico do termo gene, Goldbach & El-Hani (2008) elencam a “necessidade de pesquisadores e professores contribuírem para uma apropriação crítica sobre o conceito de gene”, considerando a importância da abordagem do assunto em ambientes escolares e na divulgação científica.

A inserção de uma discussão ampla e atual sobre o conceito de gene pode permitir 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. Para El-Hani (2007), apesar da crise do conceito de gene estar sendo amplamente discutida na literatura filosófica e também na comunidade científica, ainda predomina no Ensino de Biologia o conceito molecular clássico, ainda que alguns desafios já sejam abordados em alguns livros didáticos de ensino médio como, por exemplo, os genes interrompidos em eucariotos e o processo de *splicing* alternativo. O autor destaca a importância de introduzir no ensino explicações de fenômenos que desafiam o conceito molecular clássico, bem como propiciar o reconhecimento da diversidade de conceitos de gene utilizados em diferentes áreas, atentando para a delimitação dos domínios de aplicações de cada conceito. Deste modo, torna-se relevante buscar quais as considerações sobre esse conceito são encontradas nos cursos de formação de professores de Biologia, uma vez que este conceito está inserido, direta ou indiretamente, na maioria das áreas que compõem o curso de Ciências Biológicas. Como apontam as discussões sobre ensino e aprendizagem do conhecimento biológico, deve-se priorizar a relevância de um caráter interdisciplinar de aprendizagem de conteúdos, de forma que um mesmo

conceito possa ser apresentado por enfoques adequados em cada área específica (Santos & El-Hani, 2009).

Considerando a discussão de conceitos relacionados à genética para a formação inicial de professores de Biologia e a necessidade de abordar a ciência como uma atividade dinâmica e histórica, na qual os conceitos científicos estão constantemente adequando-se, tratar-se-á no presente trabalho de uma caracterização sistêmica do conceito de gene e do estabelecimento de relação desta com os conceitos apresentados por acadêmicos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Desse modo, objetiva-se nesse trabalho: discutir a importância de abordar no contexto de ensino o conceito de gene mediante uma percepção sistêmica dos fenômenos e processos biológicos; e avaliar o desenvolvimento de um módulo didático sobre o conceito de gene em uma disciplina optativa desenvolvida com alunos de um 5º ano de um curso de Ciências Biológicas Licenciatura, verificando sua contribuição na construção do conceito sistêmico de gene. A seguir são apresentadas algumas ideias de autores da área de ensino de ciências acerca de possibilidades e limites no ensino de genética.

## **2. Possibilidades e desafios no ensino de genética**

Na atualidade, a ciência é parte integrante dos currículos escolares em todos os níveis da educação básica. Ao mesmo tempo, inúmeras revistas especializadas assim como os meios de comunicação em massa, como a televisão, o rádio, os jornais e revistas se ocupam da divulgação dos avanços científicos e tecnológicos na sociedade. Observa-se, assim, que tanto na escola como fora dela o conhecimento científico se faz presente (Pedrancini, Corazza-Nunes & Galuch, 2004). No cenário atual do desenvolvimento científico e tecnológico, uma das áreas da ciência que se destaca devido a seu acelerado avanço é a genética, ramo que estuda as leis de armazenamento, transmissão e efetivação de informações para o desenvolvimento, o funcionamento e a reprodução dos organismos vivos, considerada como campo fundamental da biologia (Justina & Ferrari, 2010; Moore, 1986).

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 consequências sociais, éticas, políticas e econômicas (Justina & Ferrari, 2010; Lima, Pinton & Chaves, 2007; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2005; Xavier, Freire & Moraes, 2005). Para que esta formação científica ocorra é necessário que a escola proporcione uma base sólida de conhecimento que permita ao aluno compreender e integrar conceitos científicos e analisar o processo de construção da ciência como um empreendimento histórico e cultural. Segundo Xavier, Freire & 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 ainda, as recentes diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) sugerem que as aulas sejam orientadas com assuntos de interesses atuais, pois a linguagem científica tem integrado o vocabulário cotidiano com a inserção de termos como: DNA, cromossomo, genoma, clonagem, efeito estufa e 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 empreendimento científico e avanço

tecnológico que, por sua vez, pode imprimir mudanças de hábitos e da mentalidade da 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, como nos processos de clonagem e alterações genéticas (Ferreira & Justi, 2004).

Ainda segundo os PCNEM de biologia, o modelo da estrutura do DNA, bem como todo conhecimento científico, deve ser apresentado como um conhecimento humanamente produzido em um dado contexto histórico, como um movimento não linear e, em alguns momentos, contraditório (Brasil, 2000). No entanto, a falta de material de apoio para professores sobre aspectos históricos da ciência e da biologia (Bastos, 1998) somada a uma visão fragmentada da ciência promove uma dificuldade para compreender os fundamentos (epistemologia) da biologia no contexto de ensino. Soma-se também a esse contexto a dificuldade de compreensão de aspectos mais recentes da biologia devido ao acelerado avanço dessa ciência.

*(...) os grandes avanços científicos que ocorreram recentemente na área de biologia, especialmente na genética, geraram um volume muito grande de novas informações e de conhecimentos mais complexos nesta área, porém a publicação destas novas concepções e descobertas nem sempre tem sido feita de modo claro e correto na edição de livros didáticos destinados ao ensino médio no Brasil e, além disto, muitas outras publicações não atualizaram estas informações (Vilas-Boas, 2006, p. 9).*

Em um estudo realizado, Santos & El-Hani (2009) analisaram o tratamento de conceitos de gene em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil, no qual encontraram como predominantes o “conceito molecular clássico” e a “concepção informacional” de gene. Dada a importância que o livro didático exerce como um dos principais materiais didáticos para os professores os quais se apropriam dos modelos e explicações apresentadas nesses materiais didáticos, mesmo que frequentemente apresentem conteúdos recentes da biologia molecular, os professores continuam configurando o gene apenas como um trecho de DNA que codifica uma proteína ou RNA embasados no que está nos livros didáticos. Dessa forma os mesmos autores concordam com a possibilidade de uma (re) contextualização didática para o ensino médio inserindo tanto a explicação de fenômenos que desafiam o conceito molecular clássico, bem como os próprios debates sobre o conceito de gene. Contudo não se trata apenas de defender a atualidade do conhecimento escolar de ciências, mas sim expor o conceito de gene aproximando-o da complexidade dos sistemas genéticos a fim de evitar interpretações equivocadas por parte dos estudantes, como é o caso de visões deterministas que são favorecidas por certas abordagens do conceito de gene.

As pesquisas com os alunos têm mostrado que os esquemas dos livros didáticos, muitas vezes, não são uma fonte suficiente para esclarecer essas relações conceituais. Mais ainda, é difícil para o professor identificar possíveis erros conceituais de seus alunos a partir da avaliação de textos ou esquemas onde o aluno repete o que leu nos livros ou ouviu do professor. O aluno pode repetir corretamente, mas ter construído os conceitos de forma distorcida (Paiva & Martins, 2004). As dificuldades que os conteúdos científicos levantam decorrem, frequentemente, da própria natureza desses conceitos, como é, por exemplo, o caso dos conceitos de DNA, proteína ou gene, os quais escapam a um acesso sensorial direto dos alunos, ou seja, às suas experiências cotidianas (Cid & Neto, 2005). Estas dificuldades são ainda apontadas por outros autores ao afirmarem que uma das áreas de difícil compreensão para o Ensino de Biologia devido à complexidade dos fenômenos a que se refere e a discussão sobre sua construção conceitual é a genética. Essa dificuldade se deve tanto à complexidade dos conceitos que essa área comporta quanto à forma da escola conceber, organizar e desenvolver o ensino (Banet & Ayuso, 1995; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2005).

Vários estudos mostram que os conteúdos de genética são difíceis de serem compreendidos tanto por alunos como por professores (Lima, Pinton & Chaves, 2007; Paiva & Martins, 2004). Estudos realizados com estudantes têm mostrado que eles têm dificuldade de entender e aprender conceitos e processos genéticos, tais como, função do DNA, clonagem, entre outros (Ferreira & Justi, 2004). Nesse contexto, Caballer & Giménez (1993) ressaltam que os alunos possuem ideias errôneas e pouco definidas sobre célula, confundindo este conceito com os de átomo, molécula e tecido. Consequentemente torna-se difícil o entendimento da organização celular dos seres vivos e dos mecanismos de herança genética nos seus aspectos clássico e molecular. Ao mesmo tempo, as pesquisas que buscam identificar as dificuldades encontradas pelos professores, tanto no início de seu trabalho docente, durante a formação inicial, quanto no decorrer de sua carreira, apontam como problemáticas as questões relacionadas com o ensino da genética e suas tecnologias (Justina & Ferrari; 2010).

A dificuldade de se capturar numa explicação teórica a complexidade biológica é ainda acentuada por uma abordagem de ensino fragmentada, na qual os conceitos são vistos isoladamente, sem estabelecer as devidas correlações entre eles (Selles & Ferreira, 2005; Pedrancini, Corazza-Nunes & Galuch, 2007; Goldbach & El-Hani, 2008). Os conceitos biológicos também são trabalhados de forma descontextualizada, separados do contexto histórico em que foram formulados, não permitindo compreender a ciência como um processo, colaborando para promover uma perspectiva ingênua da ciência como verdade e empreendimento neutro. No entanto, é importante destacar que um dos objetivos do Ensino de Ciências é justamente mostrar que os conceitos são dependentes do contexto histórico no qual se inserem, estando sujeitos a constantes reformulações (Gil-Perez et al., 2001).

Comparado a outros tópicos na área de Biologia, há uma considerável literatura sobre pesquisas de ensino e aprendizagem na área de genética e hereditariedade. Mais recentemente, houve um grande aumento de estudos a respeito do entendimento dos estudantes sobre as estruturas, processos e mecanismos de herança e sua implicação para o ensino. Cada vez mais, o foco dessas pesquisas é em como a compreensão do estudante pode ser usada para o desenvolvimento de um ensino que leva a uma mudança conceitual. Porém na área da Biologia ainda há convivência de muitos conceitos para determinados fatos, não sendo possível muitas vezes uma substituição de ideias, mas sim a convivência delas. Como é, por exemplo, sugerido por Venville & Tregust (1998) *apud* Paiva & Martins (2004):

*(...) o aprendizado sobre o conceito de gene é um processo evolucionário de assimilação e captura conceitual, na qual concepções prévias são reconciliadas a novas concepções, ao invés de um processo de simples acomodação e mudança conceitual nos quais as pré-concepções são abandonadas e substituídas por explicações científicas (Venville & Tregust, 1998 apud Paiva & Martins, 2004, s/p).*

Desta forma, admite-se a noção de “perfil conceitual” na qual se entende a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente (Mortimer, 2000).

Sugere-se que na atualidade o conceito de gene deveria ser abordado nos diferentes níveis de ensino, inserindo-se uma visão sistêmica dos processos biológicos, a qual se refere a uma visão mais processual dos processos biológicos ou a uma interação com diversos fatores que agem como uma rede de processos. Pensando que a discussão sobre genes é recente e na importância dessa ser realizada no Ensino de Biologia, é importante investigar a presença desse debate no Ensino

Superior, em particular, na formação inicial de professores de Biologia. Deste modo, são apresentados e discutidos a seguir os resultados do desenvolvimento de um módulo didático sobre o conceito de gene mediante uma percepção sistêmica dos fenômenos e processos biológicos.

### 3. Percorso metodológico da pesquisa

Visando proporcionar aos alunos o conhecimento crítico sobre o conceito de gene, o qual se encontra em discussão tanto na filosofia como na biologia teórica, devido à importância central deste conceito para o ensino de biologia e para a compreensão integrada dos processos biológicos, foi ministrado um módulo didático desenvolvido em 12 horas/aulas, com atividades que tinham por objetivo a construção de um conceito mais sistêmico de gene e dos processos biológicos. O módulo didático sobre o conceito de gene foi desenvolvido em uma disciplina optativa ministrada a onze alunos do 5º ano de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Nesse módulo didático foi trabalhado um roteiro de discussão inicial, o qual buscou investigar as concepções prévias dos alunos sobre o conceito de gene. Em seguida, foram utilizados: o filme GATTACA, para discutir a visão determinista e sistêmica dos processos biológicos, reportagens de divulgação científica para a discussão do papel do gene nos fenômenos biológicos e um questionário aberto para verificar a construção sobre o conceito de gene. O desenvolvimento do módulo didático, foi vídeo gravado e posteriormente analisado de acordo com os pressupostos teóricos de 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. Os sujeitos da pesquisa foram identificados por letra M (mediadores da pesquisa) e A (alunos), seguida de numeração (01, 02, 03...), preservando assim sua identidade.

A análise do módulo didático foi dividida em quatro eixos de análise: EA1. *Discussão inicial sobre o conceito de gene*; EA2. *Análise do questionário e da discussão referente ao filme GATTACA*; EA3. *A utilização de reportagens de divulgação científica para a discussão do papel do gene nos fenômenos biológicos*; EA4. *Percepção (re)construída pelos alunos sobre o conceito de gene*.

O eixo EA1, referente à problematização inicial, foi norteado por três questões principais: “Qual a função biológica do gene?”; “Como uma célula com um mesmo conjunto de genes com as mesmas estruturas dá origem a diferentes formas celulares no organismo?” e “Como ocorre a expressão gênica?” as quais buscaram evidenciar quais as percepções que os alunos apresentavam do gene e se havia predominância de uma visão determinista ou sistêmica nas respostas formuladas. No contexto apresentado da pesquisa é utilizado o termo determinista para referir-se a uma visão mais simplista na, qual o DNA determina as características dos organismos e/ou para o conceito molecular clássico de gene no qual se entende o gene tanto como unidade estrutural (segmento contínuo, com começo e fim bem definidos e localização constante) quanto como unidade funcional (responsável por um único polipeptídeo ou um único RNA). O termo sistêmico é utilizado para referir-se a uma visão mais processual dos fenômenos biológicos ou a uma interação com diversos fatores que agem como uma rede de processos no desenvolvimento do organismo.

No eixo EA2 são apresentadas questões problematizadoras sobre o filme de ficção científica GATTACA, as quais buscaram provocar a reflexão de duas visões, sistêmica e determinista genética. Para analisar as percepções dos alunos foram analisadas quatro questões em dois sub-

eixos de análise: EA2.1. *Percepção dos alunos sobre a manipulação genética*; EA2.2. *Percepção dos alunos sobre o papel do gene nos processos biológicos*. No eixo de análise EA2.1 foram analisadas duas questões uma com enfoque na utilização das técnicas biotecnológicas para saber a predisposição do indivíduo à doenças e outra relacionada às técnicas de manipulação embrionária. O eixo de análise EA2.2 abordou duas outras questões que buscaram investigar a posição dos alunos quanto a uma visão sistêmica ou determinista genética. Uma delas inferia por que o protagonista do filme não morreu aos 30 anos de idade como o exame genético previu já na sua infância e outra questão, investigava as ideias dos alunos quanto à influência das características genéticas na vida e no comportamento dos seres humanos.

No eixo EA3 foram analisadas as falas da discussão dos alunos quanto às reportagens de revistas de divulgação científica que abordam o conceito de gene e algumas técnicas genéticas (Amaral & Nakaya, 2006; Gilbert, 2001; Mansur, Buscato & Moon, 2010; Scheinberg, 2001; Silva, 2004), as quais os alunos leram, analisaram qual a visão implícita sobre o conceito de gene nas reportagens e depois apresentaram e expuseram suas opiniões apresentando um posicionamento determinista ou sistêmico dos processos biológicos.

No eixo EA4 foram analisadas as respostas dos alunos à questão dissertativa “O que é gene?”, a qual propunha verificar a construção sobre o conceito de gene, (re) construída ao final do módulo didático. A análise das respostas dos alunos a essa questão foi realizada mediante procedimentos qualitativos, utilizando categorias de análise fundamentadas na revisão teórica realizada. As categorias utilizadas para subsidiar a interpretação dos dados da pesquisa estão apresentadas no Quadro 1 e são indicadas pela letra C acompanhada de um número algébrico.

**Quadro 1:** Categorias utilizadas para a análise dos conceitos de genes dos acadêmicos participantes do módulo didático.

	Categoria	Definição
C1	Gene Mendeliano	Gene como unidade de herança/ hereditariedade (não possui vínculo direto com uma estrutura física e/ou molecular).
C2	Gene Molecular Clássico	Gene como uma sequência de DNA que codifica a produção de um polipeptídeo ou RNA (combina os aspectos: estrutural + funcional ou estrutural + funcional + informacional).
C3	Gene Estrutural + Informacional	Gene como estrutura que guarda ou transmite informações, sem estabelecer correspondência com produtos funcionais.
C4	Gene P	Gene como unidade de fenótipos (características) que pode ser propagada dentro da espécie. Ênfase na constituição de fenótipos, sem a preocupação em encontrar uma unidade específica ou o processo molecular que leve a formação desse fenótipo.
C5	Gene D	Gene como recursos do desenvolvimento, ao contrário do Gene P, enfatiza processos moleculares que permitem o desenvolvimento, mas sem se preocupar em identificar fenótipos específicos a cada um deles.
C6	Gene Sistêmico	Gene como processo que integra diversos elementos (moleculares, celulares, orgânicos e/ou ambientais), culminando com a produção de determinados produtos e/ou características no organismo.
C7	Gene Evolutivo	Gene como unidade de herança (fragmento de DNA) que compete pela sobrevivência e pela sua propagação.
C8	Gene Estrutural	Gene como unidade física (DNA, cromossomo, etc.).
C9	Termo Versátil	Gene como conceito polissêmico, definido de acordo com seu contexto de aplicação.

As categorias de análise apresentadas acima foram baseadas nas definições de gene encontradas na literatura como, por exemplo, a categoria C1 representa a ideia de gene mendeliano, compreendendo a existência de uma unidade de herança que não tem representação material, ou seja, tem um caráter instrumental para representar aspectos hereditários ao longo das gerações (Falk, 1986 *apud* Santos & El-Hani, 2009). As categorias C2, C3 e C8 representam o gene como uma unidade de estrutura, função e/ou informação, sendo a categoria C2 correspondente ao conceito molecular clássico, uma vez que, associa a ideia do gene como unidade estrutural e funcional, podendo ainda se vincular a ideia do gene como unidade informacional (Santos & El-Hani, 2009). Enquanto, as categorias C3 e C8 apresentam alguns aspectos do conceito molecular clássico, mas não tem as idéias de gene como unidade de estrutura e função apresentadas conjuntamente. A categoria C7 apresenta a ideia de uma unidade de herança que é propagada nas populações, estando relacionada a aspectos adaptativos e evolutivos de uma espécie. Essa definição está presente, por exemplo, no trabalho de Dawkins (2001, p.54), no qual define gene como “uma unidade genética pequena o suficiente para durar por um grande número de gerações e ser distribuída sob a forma de muitas cópias”.

As categorias C4, C5, C6 e C9 apresentam discussões mais atuais sobre o conceito de gene. As categorias C4 e C5 correspondem à proposta de Moss (2006), entendendo que existem dois diferentes domínios para a conceituação de gene, um representando recursos do desenvolvimento sem correspondência direta com aspectos fenotípicos do organismo, e o outro relativo à unidade de características fenotípicas, mas com a base material indeterminada. A categoria C6 está relacionada a respostas que revelaram processos interativos moleculares, orgânicos e/ou ambientais na conceituação de gene, apresentando uma abordagem mais sistêmica e que contempla as respostas que enfatizam a existência de processos moleculares que permitem a produção de um determinado produto funcional no organismo quanto às respostas mais amplas que incluíram a interação orgânica e ambiental na conceituação de gene. Por fim, a categoria C9 representa a possibilidade da existência de diferentes formas de conceituar gene, sendo estas relacionadas a domínios específicos do conhecimento científico.

#### **4. O desenvolvimento do módulo didático sobre o conceito de gene com acadêmicos de um curso de licenciatura**

##### **4.1. Discussão inicial sobre o conceito de gene**

No eixo de análise EA1 é investigado um roteiro de discussão com questões relacionadas ao conceito de gene para verificar as concepções prévias dos alunos, utilizado para iniciar as atividades do módulo didático. Das questões utilizadas no roteiro serão apresentados em seguida os fragmentos mais relevantes da discussão de três questões principais “Qual a função biológica do gene?”; “Como uma célula com um mesmo conjunto de genes com as mesmas estruturas dá origem a diferentes formas celulares no organismo?” e “Como ocorre à expressão gênica?”.

M-01: “Para que serve um gene? O que ele faz na célula? Vocês falaram assim é a unidade da hereditariedade, mas como que ele funciona? Como é essa unidade da hereditariedade?”.

A-07: “*Ele comanda todos os processos metabólicos*”.

M-01: “*Ele comanda os processos biológicos? Ele é a chave? Ele comanda tudo? E ele é comandado por quem?*”.

A-02: “*Só Deus sabe*”.



A-02: *“Ele é um processo”.*

M-01: *“Mas e como ele funciona, ele comanda tudo? Mas como que ele comanda tudo?”.*

A-05: *“A partir da forma como ele é, ele vai expressar as características”.*

M-01: *“Mas vamos supor a gente tem todas as nossas células iguais, todas com os mesmos genes, o mesmo DNA, por que numa célula está expressando uma coisa e na outra está expressando outra?”.*

A-04: *“Ah! professora, essa pergunta está muito difícil”.*

A-04: *“O que comanda isso gente? Se ele comanda tudo, quem comanda o que ele está fazendo?”.*

A-07: *“Ele é auto-sustentável. É auto-regulador”.*

M-01: *“Por que assim a gente veio de uma célula só, todas as células do nosso corpo têm o mesmo DNA, vamos supor que está expressando tudo junto, a gente iria ser uma massa de célula [...] como que vira uma cabeça? Um braço? E tudo mais?”.*

A-10: *“Não, é que são os sinalizadores, ele está lá, mas têm os promotores, os reguladores que através deles vai regular”.*

Por meio deste fragmento pode-se observar que o grupo ao longo da discussão reconstruiu o conceito passando de uma visão mais determinista de que o gene (no caso, entendido como fragmento do DNA) comanda todos os processos metabólicos, para uma visão mais sistêmica de que não é exclusivamente o DNA que determina as características, mas também há sinalizadores e promotores que fazem parte dos processos de expressão gênica. Segundo Keller (2005) é de extrema importância abordar no ensino a intrincada rede de interações celulares e orgânicas que envolvem a molécula de DNA e seus processos como a replicação, transcrição e tradução em proteínas e RNAs, percebe-se então em uma fala do fragmento, que um aluno cita os sinalizadores, promotores e reguladores, conseguindo perceber que há uma interação com outras partes do genoma e até mesmo fora dele, no ambiente celular.

Quando os alunos conseguiram chegar a um consenso de que não é somente o DNA que comanda os processos metabólicos, pois as expressões gênicas são processos muito complexos que envolvem uma multiplicidade de fatores, a mediadora da discussão conduz a explicação de que há toda uma interação celular que determina como o DNA será utilizado durante os processos de expressão gênica. Desse modo, os alunos tiveram acesso à informação de que há uma rede de interações entre DNA, célula e ambiente extracelular. A seguir é apresentado um fragmento da discussão, onde pode ser observado que um aluno participante chegou à conclusão de que um gene pode ter várias funções.

M-01: *“Vimos então que os genes recebem alguns comandos da célula também. Mas como esses genes interagem com a célula, então a gente vai ver outra informação que vai complementar essa. Por exemplo, eu vou ler um pedacinho de um artigo, que fala sobre isso: [...] depois de vários genomas terem sido completamente descritos, como o de *Caenorhabditis elegans*, um nematódeo com pouco mais de 1000 células e 19.500 genes, ou o do milho, com aproximadamente 40.000 genes, pensou-se que o genoma humano consistiria em mais de 100.000 genes. No entanto, o Projeto do Genoma Humano revelou, com alguma surpresa, que existiam pouco mais de 30.000 genes codificantes”.*

M-01: *“Então a gente tem menos genes que o milho, e como a gente tem essa complexidade, tendo tão pouco gene? Então o que vocês acham como a gente faz tanta função com tão pouco gene?”.*

A-01: *“Ah, pode ser que um mesmo gene pode ter várias funções”.*

A discussão inicial sobre o conceito de gene foi complementada, após com um breve histórico sobre a transmissão da herança biológica, onde a mediadora M-01 detalhou resumidamente as pesquisas que contribuíram para concluir que o DNA é o material hereditário, formando o dogma central da biologia, resultando no conceito molecular clássico de gene, o qual apresenta na atualidade diversos desafios em sua definição. Em seguida, pode-se observar um fragmento onde é exemplificado um destes desafios.

M-01: *“Um deles é o splicing alternativo, o DNA de eucariotos tem o DNA todo interrompido, então os éxons são interrompidos por seqüências que são retiradas depois, então como esta seqüência é retirada, ela pode ser retirada de diferentes formas, o que vocês estão vendo na figura? [...] Tem um gene, sequenciou e vai transcrever para o RNAm, tem um outro RNAm ali, o que significa isso? Tem dois tipos de RNA”.*

M-02: *“É que na transcrição vai formar o RNAm imaturo que é formado pelas seqüências de íntrons e de éxons, aí quando transcreve para o RNAm maduro, aí vai ser quando corta os íntrons, e junta os éxons aí ali no que vai resultar essa junção dos éxons?”.*

A-02: *“Bom pelo que está dizendo ali pode ter uma seqüência 1, 2, 3 formando uma proteína A, ou pode ter uma seqüência alternativa que seria 1, 2, 4 formando a proteína B”.*

M-01: *“Agora vamos voltar naquela pergunta, como nós temos tão poucos genes e a gente consegue fazer tanta função diferente?”.*

A-08: *“Pode-se recombinar de diferentes formas formando diferentes proteínas”.*

M-01: *“Isso como a A8 falou, pode se recombinar a partir de uma única seqüência de transcrito primário de RNA, pode formar diferentes coisas”.*

Pode-se perceber que durante a problematização exposta no fragmento anterior os alunos constroem um conceito que eles não tinham, o qual revela que devido ao processo de *splicing* alternativo um gene (entendido como um fragmento do DNA) pode exercer diferentes funções. Segundo Joaquim & El-Hani (2010) a ideia do gene como uma unidade de função baseada na noção de que um gene produz um único polipeptídio aponta importantes dificuldades, visto que a complexidade da expressão gênica é altamente dependente do contexto celular. Portanto, trabalhar no ensino alguns desafios à ideia do gene como unidade de estrutura e função, possibilita uma visão mais sistêmica dos processos biológicos, como, por exemplo, pode ser observado na fala do aluno A-08 que conseguiu compreender que um único gene pode formar diferentes cadeias polipeptídicas.

#### 4.2. Análise do questionário e da discussão referente ao filme GATTACA

Nesta atividade o instrumento utilizado foi o filme de ficção científica – GATTACA que, somado às aulas anteriores e às atividades já realizadas, teve o objetivo de provocar a reflexão de duas visões: sistêmica e determinista genética. Após a projeção do filme, os alunos responderam a um questionário com questões abertas. Para identificar as visões dos alunos, avaliou-se neste eixo de análise EA2 quatro questões separadas em dois sub-eixos de análise: EA2.1. Percepção dos

alunos sobre a manipulação genética; EA2.2. Percepção dos alunos sobre o papel do gene nos processos biológicos.

#### 4.2.1. Percepção dos alunos sobre a manipulação genética

Para verificar a posição dos alunos frente às técnicas de manipulação genética elencaram-se duas questões, uma com enfoque na utilização das técnicas para saber a predisposição a doenças e outra relacionada às técnicas de manipulação embrionária. Em relação à questão que indagava sobre a importância de saber a predisposição a doenças, dos dez alunos que responderam ao questionário seis emitiram respostas favoráveis, afirmando que é importante saber a predisposição a doenças. Alguns exemplos de respostas que apontam esse ponto de vista são:

A-05: *“Sim, a longevidade é um objetivo do ser humano, então, as técnicas preventivas podem auxiliar as pessoas alcançarem maior longevidade, se associado a hábitos saudáveis”.*

A-08: *“Sim, para que as pessoas possam tomar medidas preventivas”.*

A-010: *“Seria interessante para tentar evitar ou adiar uma doença, [...]”.*

Os outros quatro alunos demonstraram em suas respostas que não é tão importante saber a predisposição a doenças. Como exemplos destas respostas destacam-se os enunciados abaixo:

A-07: *“Eu particularmente não gostaria de saber as minhas predisposições, pois eu acredito que ficaria doente por saber isso”.*

A-09: *“Considero hoje que não é importante, por que talvez se nascêssemos já sabendo que doenças iríamos poder desenvolver no futuro, não iríamos viver e sim passar toda a vida se cuidando, tomando remédios”.*

Já na análise da questão referente às técnicas de manipulação embrionária, evidencia-se um grande número de respostas desfavoráveis. Verificou-se nesta questão que apenas um aluno apresentou resposta a favor de tal técnica, porém não justificou sua escolha, enquanto que dois alunos responderam que talvez utilizassem, e os demais responderam que não fariam uso. As respostas dos alunos que afirmaram que talvez utilizassem são:

A-04: *“Talvez à parte de saber a predisposição a doenças”.*

A-07: *“Não sei, possuo críticas a favor e críticas contra. Teria que pensar muito antes de decidir”.*

Algumas respostas desfavoráveis ao uso de técnicas de manipulação embrionária são:

A-05: *“Não, se essas técnicas fossem adotadas por grande parte das populações humanas, iria diminuir a diversidade genética da espécie, além de promover discriminação”.*

A-10: *“Não, porque é algo muito invasivo. É claro que ninguém quer ter um filho com alguma deficiência, como Down, mas acho que evolutivamente o “cruzamento” livre sem considerar as características mais aptas contribui para o processo de evolução”.*

Com estas respostas ficou evidente que os alunos sujeitos desta pesquisa são mais favoráveis às técnicas de manipulação genética quando se trata de saúde, pois tanto na questão a predisposição de doenças como na manipulação embrionária, as respostas favoráveis estão relacionadas a medidas

preventivas de doenças. Isto foi reforçado ainda na discussão sobre este tema, o que pode ser observado no fragmento a seguir:

M-01: *“Se vocês tivessem a oportunidade de saber seu genoma, para saber as doenças essas coisas, vocês queriam?”*.

A-02: *“Sim”*.

A-03: *“Com certeza, por isso que quando alguém fala que tem hipertensão, tem tendência, nossa a gente já fica, meu tenho que fazer um exame”*.

A-04: *“Claro”*.

A-03: *“Dai a gente pode se cuidar”*.

A-07: *“Aí eu não ia querer saber, daí a gente sofre antes”*.

[...]

A-07: *“Eu ia desenvolver outras doenças de tanto ficar pensando que sou doente”*.

A-01: *“Eu ia ficar louca de tanto ficar pensando que vou desenvolver uma doença grave”*.

A-04: *“Não, daí você pode se cuidar, você pode prevenir”*.

M-01: *“E para seus filhos, vocês usariam estas técnicas?”*.

A-09: *“Não”*.

A-08: *“Não”*.

A-02: *“Ué gente a técnica não tem nada a ver”*.

A-01: *“É eu penso assim, que hoje, para ficar grávida, eu acho que é uma discriminação negativa, então para hoje eu não usaria, por que a sociedade não exige ainda”*.

A-03: *“Eu usaria, mas não para determinar assim”*.

A-08: [...] *“Eu usaria se fosse para prevenir alguma doença, uma síndrome”*.

A-04: *“Para as doenças eu acho que seria interessante, só que ao mesmo tempo não sei, você está mexendo num ciclo natural”*.

Segundo Mello, Motokane & Trivelato (2000), os surpreendentes avanços da genética e a necessidade crescente de um posicionamento sobre as ações relacionadas aos mesmos e suas implicações nas questões sociais e éticas colocam o ensino de genética em posição de destaque, demonstrando a necessidade de abordar no ensino os resultados dos novos avanços desta área para que os alunos construam uma posição crítica a respeito dos mesmos. Como foi observado nas respostas dos alunos ao questionário e nos fragmentos acima, os alunos participantes da pesquisa já conseguem formar um posicionamento crítico a respeito de algumas técnicas da engenharia genética.

#### 4.2.2. Percepção dos alunos sobre o papel do gene nos processos biológicos

Duas questões buscaram investigar a posição dos alunos quanto a uma visão sistêmica ou determinista genética. Uma delas esteve relacionada às causas do protagonista do filme assistido não morrer aos 30 anos de idade como foi previsto no exame genético na sua infância. A análise desta questão mostrou que grande parte dos alunos já consegue formar uma visão sistêmica dos processos biológicos, sendo que dos dez alunos, oito deles apresentaram em suas respostas a interferência de fatores externos ao genótipo na expressão das características. O que pode ser verificado nas falas abaixo:

A-01: *“Por que o comportamento, expectativa de vida e tantas outras coisas, não são determinadas apenas por uma sequência genética, é preciso levar em conta os fatores ambientais externos ao DNA, como as proteínas, organelas celulares, metabolismo, organização e atitudes como alimentação, exercícios físicos. É todo um conjunto que irá interferir na expectativa de vida”.*

A-02: *“Porque a genética é influenciada pelo meio”.*

A-05: *“Porque os genes possuem a capacidade de se recombinar, além disso, o genótipo não é o único fator responsável pelas características da pessoa, o ambiente, os hábitos da pessoa e até sinalizadores moleculares influenciam”.*

A-10: *“Acho que por que ele tinha hábitos esportivos que favoreceu ao seu organismo. Porque uma pessoa é “formada” do genótipo mais o ambiente em que está inserido”.*

Nas respostas dos alunos pode-se observar que os mesmos já descentralizam do genoma a expressão das características, enfocando aspectos do ambiente externo ao DNA, assumindo uma postura crítica em relação às características dos organismos.

Outras duas respostas não se referiram especificamente a fatores externos, estas respostas estiveram relacionadas a uma espécie de “destino” ou força de vontade, que impediram que as doenças determinadas pelos genes se expressassem, levando a uma interpretação mais determinista genética, o que pode ser observado nas falas abaixo:

A-07: *“Porque a probabilidade dele morrer aos 30 anos era de 99% e o “destino” plantou que ele estaria dentro do 1% de chance disso não ocorrer”.*

A-09: *“Porque apesar de todos os exames apontarem para um fim trágico, ele correu atrás dos seus ideais, teve força de vontade e conseguiu realizar aquilo que queria. Talvez se ele tivesse se conformado com o que lhe era determinado ele não chegasse nem aos 30 anos”.*

Outra questão foi elencada para verificar as ideias dos alunos quanto à influência das características genéticas na vida e no comportamento dos seres humanos. Nesta questão, foram encontradas tanto respostas que afirmaram que as características genéticas influenciam na vida e no comportamento dos seres humanos como respostas que afirmam não influenciar, o que pode ser observado a seguir. As respostas que afirmam influenciar foram:

A-02: *“Sim, mas isso não quer dizer que o meio em que a pessoa vive não possa alterar isso”.*

A-05: *“Influenciam, mas não ditam completamente como será a vida e o comportamento da pessoa”.*

A-06: *“Sim, mas não determinam exatamente como será a vida, pois as escolhas que o indivíduo faz para seu modo de vida influenciam decisivamente além de outros incidentes”.*

A-10: *“As características genéticas influenciam e determinam algumas características humanas, mas o resultado final, que seria o fenótipo humano é influenciado pelo genótipo e também pelo ambiente em que vive”.*

As respostas que afirmaram não influenciar foram:

A-01: *“Então, se estas características genéticas estiverem se referindo ao gene de forma isolada, digo que não iria interferir na vida. Agora se estas características além do gene englobem organelas celulares, sinalizadores químicos, proteínas e fatores externos, vejo que é esta relação ampla com diferentes fatores que iria “demonstrar” o meu comportamento, ou seja, ele não pode ser considerado de forma isolada e sim integrada”.*

A-04: *“Não. O ser humano no total não é apenas constituído de genes em sua formação”.*

Percebe-se que mesmo as respostas que afirmam que as características genéticas influenciam na vida e no comportamento dos seres humanos, apresentam em si a importância que o ambiente exerce na expressão de tais características, demonstrando o conhecimento de que o fenótipo é influenciado pelo ambiente. Esta relação também é evidenciada no fragmento da discussão exposto a seguir:

M-01: *“E vocês acham que a relação, essa relação do gene com a capacidade, o que vocês conseguem perceber no filme? Ele tem a ver com a capacidade da pessoa?”.*

A-02: *“Não”.*

A-05: *“Não, a força de vontade que ele tinha, poderia ser bem maior”.*

A-07: *“Não”.*

A-10: *“Por exemplo, na questão do coração, tinha certos momentos que algumas coisas eram limitadas, mas não ditavam que aos 30 anos ele iria morrer, é uma coisa que influencia, mas não determina totalmente”.*

A-01: *“E nem que essas informações o privavam de ser inteligente”.*

A-05: *“Talvez como ele tinha problema no coração ele não podia fazer uma atividade física, mas o trabalho que ele fazia não exigia isso”.*

A-06: *“É na verdade eles não analisavam o que ia precisar, eles só queriam pessoas perfeitas e pronto”.*

A-10: *“Ele não servia para ser um nadador, por exemplo, ou um corredor”.*

M-01: *“E o ambiente influencia?”.*

A-03: *“Com certeza”.*

A-02: *“Por isso que ele fez tudo”.*

M-01: *“E como fica a questão do conceito de gene então? Quais as posições que vocês vêem? A gente tem uma visão de gene, por exemplo, que fala assim: o gene determina tal coisa. E como é que fica no inverso ele determina mesmo tal coisa?”.*

A-02: *“Algumas sim, outras não, ele determina a cor do olho, ele determina a cor do cabelo, mas ele não determina com quantos anos eu vou morrer, e nem com que doença eu vou morrer”.*

A-10: *“É tem algumas coisas que o gene determina 100% e têm outras que nem tanto”.*

Assim apresentar aos alunos a dinâmica celular e todos os eventos orgânicos que agem estimulando o processo de expressão gênica contribui para a compreensão de uma visão mais sistêmica percebendo o DNA não como o elemento central da célula, mas como parte da dinâmica celular.

### **4.3. A utilização de reportagens de divulgação científica para a discussão do papel do gene nos fenômenos biológicos**

Em outro momento da aplicação do módulo didático, foi utilizado como recurso o uso de reportagens de revistas de divulgação científica que abordam o conceito de gene e algumas técnicas genéticas, para os alunos apresentarem e exporem suas opiniões a respeito. As reportagens apresentavam visões deterministas e sistêmicas do gene. Neste eixo de análise EA3 são apresentados fragmentos das apresentações onde os alunos expressam suas opiniões, apresentando posicionamento determinista ou sistêmico dos processos biológicos. Alguns exemplos dos comentários dos alunos que apresentam críticas às reportagens que apontavam a visão determinista genética são:

A-07: *“Nosso artigo é de 2001, ele tem uma visão mais determinista, e ele fala que o projeto genoma e que o mapeamento genético é a solução para todos os problemas do mundo daqui para frente, é igualzinho o filme, ele fala assim, genes são instruções que determinam características físicas de cada indivíduo como a cor dos olhos, tendência à obesidade, ordena a produção de proteínas necessárias ao funcionamento do corpo, é bem determinista”.*

A-10: *“O texto traz uma visão mais determinista que desta época, que a revista é de 2001, e nesta época eles ainda estavam na expectativa que o projeto genoma ia revolucionar e ia fazer grandes descobertas, então em alguns momentos ele vê assim a necessidade de perspectivas para a área do proteoma já e para a área da bioinformática”.*

A-10: [...] *“fala também da relação dos genes com as proteínas e tal, que eles vêem essa necessidade de estudar isso, mas mesmo assim ele coloca o projeto genoma como central, que os resultados do projeto genoma iria mudar muita coisa, é bem assim sensacionalista. [...] Aí ele fala um pouco também da questão da descoberta do DNA recombinante, que isso possibilitou abrir empresas de biotecnologia e que a tecnologia do DNA está sendo estudada em diferentes áreas e não só na biologia molecular, então ele está tendo a visão de que precisa de novas áreas e precisa relacionar com as proteínas e com outros fatores e não só no DNA”.*

Por estes fragmentos pode-se constatar que os alunos já reconhecem a visão determinista e emitem críticas a seu respeito. Conforme Nascimento (2003), desde a publicação do modelo de estrutura do DNA, esta molécula vem representando grande expectativa para a solução de vários dilemas na biologia, isto foi acentuado no início da década de 90 com o projeto genoma, o qual propunha o sequenciamento completo do genoma humano e assim respostas a várias questões.

Na discussão de algumas reportagens pode-se observar que os alunos se deparam e compreendem a visão sistêmica dos processos biológicos constatando que os mesmos não estão centrados apenas no DNA, mas sim em uma rede de fatores, o que pode ser observado nos fragmentos a seguir:

A-09: [...] *“Ela fala também das funções, é mais sistêmico, não diz que é só o DNA que é responsável por todas as características e funções e fala que são envolvidos vários fatores”.*

A-08: *“Mas aqui também fala que cerca de 92% dos genes tem introns que é a parte que não é codificado, então seria só 8% usado”.*

M-01: *“Então ai pode fazer aqueles esquemas que a gente estava falando do splicing alternativo, que vai dobrando e vai recombinado em diferentes formas”.*

A-02: *“O nosso texto é de 2004, então diferente dos textos de 2001 ele tira um pouco a ênfase do DNA, apesar dele dizer assim que o DNA é a molécula que contém toda a informação genética, então ele não tira o poder do DNA, porém ele já diz que não é só o DNA que é o responsável pela expressão de tudo que acontece dentro da célula e sim nesse caso o que ele enfatiza bastante são os pequenos tipos de RNAs que podem tanto dar atividades àquela enzima ou proteína que ele for formar ou então inibir essa atividade”.*

A-01: [...] *“Que a gente sabe que sem o citoplasma ou sem as enzimas talvez isso não poderia ser feito, não é isso que ele fala, ele só fala que é utilizado”.*

#### 4.4. Percepção construída pelos alunos sobre o conceito de gene

Para concluir as atividades do módulo didático foi elencada a questão aberta “O que é gene?”, para verificar a percepção conceitual dos alunos sobre o conceito de gene ao final do desenvolvimento do módulo (Eixo de análise EA4). Para análise desta questão utilizamos as categorias do Quadro 1. As respostas obtidas dos alunos a partir da questão dissertativa “O que é gene?” Estão representadas no Quadro 2.

Como se pode observar no Quadro 2, o conceito de gene em si não se modifica, ainda prevalece o conceito molecular clássico, no qual pode-se identificar o gene como unidade estrutural e funcional, somando-se, muitas vezes ao caráter informacional do mesmo. Desta forma, a ideia geral do conceito molecular clássico de gene compreende as categorias C2, C3 e C8. Porém durante as discussões das atividades do módulo pode-se perceber que eles construíram um conceito mais sistêmico. Isto talvez se deva ao fato da importância dada ao conceito molecular clássico no ensino, desta forma mesmo que os alunos entrem em contato com resultados que desafiam este conceito e mesmo com novas definições, estes permanecem com o conceito molecular clássico. Entretanto, observa-se uma sobreposição de conceitos, indicando a formação de perfis conceituais sobre o conceito de gene, o que também demonstra que apesar dos alunos permanecerem com o conceito molecular clássico, podem abarcar em suas respostas outras definições para o conceito de gene, o que pode ser observado nas falas a seguir.

A-01: *“É uma estrutura foco de grandes debates, que por sua vez se faz necessário para os diferentes níveis de escolaridade. Biologicamente penso ser uma molécula composta pelos nucleotídeos, que por sua vez codificam proteínas e que se expressam posteriormente. Esta molécula faz parte de uma molécula mais ampla – o DNA e tem uma interação com o ambiente externo a célula e também ao ambiente”.*



A-05: “*Genes são parte do DNA que possuem funções importantes na célula. Suas funções e suas características envolvem a formulação de conceitos. Vários conceitos podem ser determinados para o gene*”.

Em parte da resposta do aluno A-01, ele até menciona ser um conceito em debate, porém ainda separa em uma estrutura foco de pesquisas e biologicamente o conceito molecular clássico, apontando como sendo a molécula que codifica proteínas, mesmo reconhecendo que para esta expressão existe uma interação com o ambiente externo. O mesmo acontece na resposta do aluno A-05, ao afirmar que o gene é um conceito em debate e que possui diferentes definições, porém ele ainda o considera como uma estrutura, uma parte do DNA, evidenciando também a presença do conceito molecular clássico.

**Quadro 2:** Categorias referentes ao conceito de gene: C1– Gene Mendeliano; C2 – Gene Molecular clássico; C3 – Estrutural + informacional; C4 – Gene P; C5 – Gene D; C6 – Gene Sistemico; C7 – Gene Evolutivo; C8 – Gene Estrutural; C9 - Termo versátil.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Alunos	A-04	A-01 A-07 A-08		-	-			A-04 A-05 A-06 A-01	A-01 A-05 A-09

A sobreposição de outras definições de gene em conjunto com o conceito molecular clássico demonstrou que o módulo didático favoreceu uma diversificação das ideias sobre genes entre os estudantes, contribuindo para uma visão mais abrangente. O que corrobora com os dados de Venville & Tregust (1998) *apud* Paiva & Martins (2004), os quais afirmam que o ensino-aprendizado sobre o conceito de gene deveria ser um processo evolucionário de assimilação e captura conceitual, onde os conceitos prévios são associados a novas concepções, admitindo-se um perfil conceitual, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizado passam a conviver com as anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente (Mortimer, 2000). Contudo, como afirmam Joaquim et al. (2007), uma diversidade de ideias sobre genes pode ser interessante, se utilizadas em seus contextos apropriados, porém há um grande risco de levar os estudantes a confusão semântica, ambiguidade e dificuldade de compreensão sobre genes e seus processos se não tratados com a devida contextualização. Desta forma o módulo didático apresentado já permitiu a problematização do conceito molecular clássico de gene e favoreceu os alunos refletirem sobre outros elementos celulares envolvidos no desenvolvimento do organismo. Porém um trabalho mais amplo deveria ser realizado, levando esta problematização a diferentes níveis de ensino, propondo novas formas de abordagem sobre o conceito de gene e todo o emaranhado sistema envolvido na complexidade do organismo promovendo um ensino de qualidade.

## 5. Considerações Finais

A genética é uma área das Ciências Biológicas que vem passando por rápido desenvolvimento, graças aos subsídios oferecidos pelos avanços moleculares. No entanto, tais avanços acabam por gerar conflitos semânticos no que concerne a definições de conceitos específicos da área. Um exemplo desse “conflito conceitual” é a problemática do conceito de gene, que vem sofrendo transformações conceituais ao longo da história. Este conceito atualmente encontra-se no cerne do debate teórico da Biologia, desempenhando um importante papel tanto na pesquisa como no Ensino de Biologia (Joaquim et al., 2007). Nesse sentido, ressaltou-se nesse trabalho a importância da abordagem histórica e epistemológica como ferramenta para o

entendimento de uma visão sistêmica do conceito de gene, bem como para mediar a relação semântica que se estabelece entre este conceito e o contexto no qual está sendo mencionado.

Como gene é um conceito que direta ou indiretamente aparece em discussões das mais diversas áreas do conhecimento biológico buscou-se explicitar a presença de diferentes conceitos de genes na história da biologia, analisar as concepções de acadêmicos sobre esse conceito, e discutir a importância de abordar no contexto de ensino o conceito de gene mediante uma percepção sistêmica dos fenômenos e processos biológicos.

A análise dos resultados apresentados nesta pesquisa em relação aos acadêmicos de um curso de Ciências Biológicas - Licenciatura demonstrou a dificuldade que os alunos possuem em integrar os conceitos biológicos nos complexos processos biológicos. Verificou-se nas respostas destes que ao longo da discussão das atividades do módulo os alunos reconstruíram o conceito passando de uma visão mais determinista de que o gene comanda todos os processos metabólicos, para uma visão mais sistêmica de que não são exclusivamente os genes, mas que também há sinalizadores e promotores que auxiliam nos processos.

O módulo didático trabalhado atraiu o interesse dos licenciandos e propiciou sua contextualização, mostrando como se dá a construção de conceitos científicos e desmistificando a ideia da ciência como sendo linear. A utilização do recurso do Filme GATTACA foi importante para os alunos perceberem a influência do ambiente e do organismo na expressão do genótipo. Foram discutidos também, baseados em reportagens de revistas de divulgação científica, temas que são novidades constantes na mídia, estes parecem atrair o interesse dos acadêmicos, os quais já identificaram nas reportagens a presença da visão sistêmica e determinista genética. A divulgação dos avanços da ciência é necessária e deve preparar o cidadão para selecionar informações de qualidade, que aprimorem seu juízo crítico e, conseqüentemente, dão solidez a uma sociedade verdadeiramente democrática. No entanto, na atividade final do módulo para verificar a percepção construída sobre gene pelos alunos, notou-se que mesmo estando em contato com outras definições de gene e serem informados sobre alguns desafios impostos ao conceito molecular clássico, este ainda é o conceito que está presente na maioria das respostas dos alunos, podendo até conviver com outras definições, mas não ocorrendo mudança conceitual.

Os resultados aqui apresentados enfatizam a necessidade de mudanças no processo ensino e aprendizagem de conceitos genéticos. Mudanças estas que passam pela capacitação dos docentes, adequação dos livros didáticos e introdução de novas formas de linguagem. É necessária a busca de novas estratégias que possam contribuir na elaboração e contextualização da ciência. A apropriação de conceitos, como DNA e gene, é fundamental para o entendimento e a compreensão das recentes descobertas científicas, principalmente nas áreas da biologia molecular e genética, muitas vezes polêmicas. Sem este entendimento fica difícil para as pessoas em geral tomarem posição sobre questões culturais, sociais e éticas que envolvem a aplicação das tecnologias relacionadas ao DNA.

## 6. Referências bibliográficas

Amaral, P. P. R., & Nakaya, H. I. (2006). DNA não-codificador: o lixo que vale ouro? **Ciência Hoje**, 38(228): 36-42.

Bardin, L. (1977). **Análise de conteúdo**. São Paulo: Martins Fontes.

Bastos, F. (1998). **História da ciência e ensino de biologia**: a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903). 203f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Banet, E., & Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. investigación y experiencias didácticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Acesso em 13 maio., 2011, <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v13n2p137.pdf>.
- Brasil. Secretaria de educação Fundamental. (2000). **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/SEF.
- Caballer, M. J., & Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Acesso em 13 maio., 2011, <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/39778/93229>.
- Cid, M., & Neto, A. J. (2005). Dificuldades de Aprendizagem e Conhecimento Pedagógico do conteúdo: O Caso da Genética. In: **VII Congreso. Enseñanza de las Ciencias**, n. extra.
- Dawkins, R. (2001). **O gene egoísta**. Trad. Geraldo H. M. Florsheim. Belo Horizonte: Itatiaia. (O Homem e a Ciência, v.7). 230p.
- El-Hani, C. N. (2007). Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**. Acesso em 13 maio., 2011, <http://www.scielo.br/pdf/gmb/v30n2/a01v30n2.pdf>.
- Ferreira, P. F. M., & Justi, R. S. (2004). A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. Ensaio: **Pesquisa em educação em ciências**. Acesso em 13 maio., 2011, <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/79/122>.
- Gilbert, W. (2001). Rumo ao proteoma. **Ciência Hoje**, 29(173), 8-11.
- Gil-Perez, D.; Montoro, I. F.; Alís, J. C.; Cachapuz, A., & Praia, J. (2001) Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*. Acesso em 13 maio., 2011, <http://200.17.141.88/images/b/bc/Artigometodo01.pdf>.
- Goldbach, T., & El-Hani, C. N. (2008). Entre receitas, programas e códigos: metáforas e ideias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. Acesso em 14 jun., 2010, [http://www.ppgect.ufsc.br/alexandriarevista/numero\\_1/artigos/CHARBEL.pdf](http://www.ppgect.ufsc.br/alexandriarevista/numero_1/artigos/CHARBEL.pdf).
- Joaquim, L. M.; Santos, V. C.; Almeida, A. M. R.; Magalhães, J. C., & El Hani, C. N. (2007). Concepções de estudantes de graduação de biologia da UFPR e UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de genética. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 6, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABRAPEC.
- Joaquim, L. M., & El-Hani, C. N. (2010). A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae Studia**. Acesso em 25 maio., 2010, <http://www.scielo.br/pdf/ss/v8n1/a05v8n1.pdf>
- Justina, L. A. D., & Ferrari, N. (2010). **A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico**. Cascavel: Edunioeste.
- Justina, L. A. D.; Calluzzi, J. J.; Meglhioratti, F. A., & Caldeira, A. M. A. (2010). A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. **Filosofia e História da Biologia**, 5(1), 55-77.
- Keller, E. F. (2005). The century beyond the gene. J. **Biosci**. Acesso em 25 maio., 2010, <http://www.ias.ac.in/jbiosci/feb2005/3.pdf>

- Lima, A. C.; Pinton, M. R. G. M., & Chaves, A. C. L. (2007). 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.
- Mansur, A.; Buscato, M., & Moon, P. (2010). **A vida segundo Venter**. Época, ed. 627, 90-99.
- Mello, C. M.; Motokane, M. T., & Trivelato, S. L. F. (2000). Ensino de genética: avaliação de uma proposta inovadora. In: Coletânea do **VI Encontro “Perspectivas do ensino de Biologia”**. Campinas: UNICAMP, p. 376-377.
- Moore, J. A. (1986). **Science as a Way of Knowing - Genetics**. Amer. Zool, 26, 583-747.
- Mortimer, E. F. (2000). **Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG.
- Moss, L. (2006). The question of question: what is a gene? Comments on Rolston and Griffiths & Stotz. **Theoretical Medicine and Bioethics**, 27, 523-534.
- Nascimento, M. L. (2003). **O desencantamento do dom científico**: a prevalência da “metáfora do programa genético” no Projeto Genoma Humano e o contexto histórico-social da industrialização das biociências. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro.
- Paiva, A. L. B., & Martins, C. M. de C. (2004). Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**. Acesso em 13 maio., 2011, <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/99/148>
- Pedrancini, V. D.; Corazza-Nunes, M. J., & Galuch, M. T. B. (2004). Aprendizagem e ensino: conhecimento de célula, estrutura e função do material genético apresentado por estudantes do 3º. ano do ensino médio. In: Anais... **VII Semana de Artes da UEM**. Maringá, UEM.
- Pedrancini, V. D.; Corazza-Nunes, M. J.; Galuch, M. T. B.; Moreira, A. L. O. R., & Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Acesso em 13 maio, 2011, [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf).
- Santos, V. C., & El-Hani, C. N. (2009). Idéias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Acesso em 13 maio., 2011, <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V9N1/v9n1a6.pdf>.
- Scheid, N. M. J.; Ferrari, N., & Delizoicov, D. (2005). A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**. Acesso em 13 maio., 2011, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/05.pdf>.
- Scheinberg, G. (2001). **Genoma fatos que explicam**. Galileu, 115.
- Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2005). Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: M. Marandino; M. S. Ferreira; A. C. Amorim (org.), **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. Niterói: Eduff.
- Silva, M. V. F. (2004). Pequenos RNAs um mundo novo e revolucionário. **Ciência Hoje**, 35(206), 30-33.

Vilas-Boas, A. (2006). Conceitos errôneos de Genética em livros didáticos do ensino médio. **Genética na escola.** Acesso em 13 maio., 2011, <http://www.geneticanaescola.com.br/ano1vol1/04.pdf>.

Xavier, M. C.; Freire A. S., & Moraes, M. O. (2005). **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 – SP, Bauru: 2005. Atas... Bauru: Abrapec.