

O ENTENDIMENTO E A IMAGEM DE TRÊS CONCEITOS: DNA, GENE E CROMOSSOMO NO ENSINO MÉDIO.

THE UNDERSTANDING AND THE IMAGE OF THREE CONCEPTS: DNA, GENE AND CHROMOSOME IN HIGHER SCHOOL

Alexandra de Castro Lima ¹

Márcia Regina Gomes Mayrink Pinton ¹, Andréa Carla Leite Chaves²

¹PUC-MG. PREPES. Acadêmicas do Mestrado em Ensino de Biologia. E-mail: alexandra.biologia@hotmail.com

²PUC-MG. PREPES. Profa. Dra. do Mestrado em Ensino de Biologia. E-mail: andreacarlachaves@gmail.com

Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar e comparar o entendimento, a imagem e as relações estabelecidas por alunos do ensino médio sobre os conceitos de DNA, gene e cromossomo. Os dados para a análise foram obtidos através da análise de questionário e de desenhos elaborados por estudantes do primeiro, segundo e terceiro ano de Escolas estaduais e particulares de Minas Gerais. De modo geral observamos baixo nível de compreensão destes conceitos, principalmente nos alunos do segundo ano. Os alunos do primeiro ano foram os que apresentaram melhor entendimento dos conceitos mencionados acima, seguidos pelos alunos do terceiro ano. As respostas dos estudantes, independente do ano investigado, foram constituídas de concepções cientificamente incorretas, especialmente em relação ao conceito de cromossomo. Um dos principais problemas detectados foi a dificuldade de relacionar os conceitos de DNA, gene e cromossomo.

Palavras-chave: Conceitos de genética, Entendimento, Imagens, Ensino Médio.

Abstract

We investigate how high school students' conceptual grasp of DNA, genes and chromosomes, their interrelation, and the manner in which students picture these entities. We also compare the students' level of understanding about these concepts considering their grade level in high school. The data were obtained through the analysis of questionnaires and drawings made by students of public and private schools in the state of Minas Gerais. The results show that the students have a low level of understanding of the concepts mentioned above. The best performance, in terms of complete understanding of the three concepts, was attained by students in their first year of high school, followed by students in their third year. Most of the students' answers were based on alternative conceptions, in general, scientifically incorrect, especially regarding the chromosome. One of their main difficulties is to relate the concepts of DNA, gene and chromosome.

Keywords: Genetics concepts, Understanding, Pictures, Higher School.

INTRODUÇÃO

Desde o trabalho de Watson e Crick em 1950, a ciência genética tem se tornado incrivelmente molecular. O desenvolvimento das tecnologias do DNA recombinante pelas indústrias farmacêuticas e agrárias levou a introdução dos organismos geneticamente modificados (OGMs). No final do século XX, a clonagem de animais, o sequenciamento do

genoma humano, o desenvolvimento das técnicas de impressão do DNA, terapia gênica entre outros, aumentaram a importância das questões culturais, sociais e éticas que envolvem a aplicação destas tecnologias. Todos nós somos convocados a refletir e a opinar sobre os benefícios, riscos e ética provenientes das biotecnologias geradas. Portanto, para que possamos entender e nos colocar diante desta nova realidade é fundamental uma educação genética adequada e eficiente nas Escolas. Os Parâmetros curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) sugerem reformas educacionais, de acordo com a LDB, inserindo visões atualizadas da Biologia, especificamente relacionadas à genética. Entre os novos temas, que estruturam a disciplina de biologia, está o estudo e aplicabilidade de novas tecnologias associadas ao DNA. Os PCNEM trazem uma visão atualizada da Biologia e da genética, incluindo no ensino médio temas como transgênicos, terapias gênicas, clonagem, células-tronco e teste de paternidade (BRASIL, 2000).

Sobre a importância da Biologia dentro do cenário da ciência e da tecnologia, PEDRANCINI *et al.*, 2007, comenta que “a Biologia vem ocupando uma posição de destaque sem precedentes na história da Ciência. Um grande número de informações advindas das recentes descobertas científicas, principalmente nas áreas da Biologia Molecular e Genética, tem se expandido progressivamente do meio acadêmico ao público em geral por meio de revistas especializadas e dos meios de comunicação de massa. Temas polêmicos relacionados à pesquisa genômica, clonagem de órgãos e organismos, emprego de células-tronco e, especialmente, à produção e utilização de organismos transgênicos passam a ser discutidos pela sociedade e no ambiente escolar.”

A mídia, em especial, jornais e revistas, tem uma tendência de apresentar as informações técnico-científicas de forma superficial e conjuntural sem compromisso com orientações educativas. O cidadão, para compreender e se posicionar diante destas informações precisa de conhecimentos que podem e devem ser oferecidos pela escola (JUSTINA *et al.*, 2000).

A integração entre as novas tecnologias do DNA e as novas aplicações na genética não está representada de forma consistente nos livros didáticos de Ciências e Biologia. Os atuais livros de Biologia, no Brasil, não estão atualizados no estudo dos temas considerados essenciais para a aquisição e entendimento das informações associadas ao rápido avanço do conhecimento na área da genética, que inclui a Biologia Molecular e a Biotecnologia. “Como o livro didático é uma das principais ferramentas utilizadas pelos professores para a definição dos conteúdos a serem trabalhados, é bem provável que os novos temas associados ao DNA não estejam sendo abordados de maneira significativa com os alunos” (XAVIER *et al.*, 2006).

MARTINEZ-GRACIA *et al.* (2006) analisou o conteúdo de genética molecular em livros didáticos utilizados no ensino secundário na Espanha. Os autores verificaram que os processos de transcrição e tradução gênica são abordados na maioria dos livros, entretanto, as informações são factuais e não necessariamente facilitam a aquisição e o entendimento dos conceitos mais importantes. Os autores discutem a necessidade de se aperfeiçoar os livros didáticos de forma a enfatizar o entendimento de conceitos básicos e de se colocar a biologia molecular num contexto mais ampliado da biologia da célula e do organismo como um todo. VILAS-BOAS (2006) ao analisar livros didáticos de biologia do ensino médio, publicados entre 1995 e 2002 no Brasil, detectou vários erros e equívocos que podem contribuir para a formação e fixação de conceitos errôneos que podem impedir o aluno de visualizar os processos genéticos corretamente. Afinal, como sugerido por VENVILLE *et al.* (1998) “o processo de aprendizado, especialmente sobre gene, é uma evolução que envolve a assimilação conceitual onde um conceito prévio é reconciliado com novas concepções”.

Sobre as notícias e pesquisas científicas no ramo da genética, PEDRANCINI *et al.*, 2007 comentam que para que se possa apreciá-las e discuti-las é fundamental o domínio de conceitos biológicos básicos. Segundo os autores “um conhecimento genético consistente requer domínio e entendimento de conteúdos como estrutura e função das células, divisão celular e reprodução.

Entretanto, estudos sobre a formação de conceitos na área da genética têm demonstrado que os estudantes apresentam dificuldades na construção do pensamento biológico, mantendo idéias alternativas em relação aos conceitos básicos desta disciplina”.

Vários estudos internacionais mostram que os conteúdos de genética são difíceis de serem compreendidos tanto por alunos como por professores. Estudos realizados com estudantes mostraram que eles têm dificuldade de entender e aprender os conceitos e processos genéticos. (LEWIS, *et al.*, 2000a, b e c; WOOD-ROBINSON *et al.*, 2000; MARBACH-AD, 2001; CHATTOPADHYAY, 2005).

PAIVA E MARTINS (2005) analisaram as idéias e conceitos prévios de estudantes de ensino médio, sobre alguns temas na área da genética. Os autores, a partir da análise de respostas escritas (linguagem verbal), identificaram que embora a maioria dos alunos já apresentasse um conhecimento sistematizado sobre os temas pesquisados, alguns estudantes apresentavam várias concepções errôneas do ponto de vista científico. Os alunos apresentaram dificuldade no entendimento de vários aspectos a respeito de genética e hereditariedade, e, muitas vezes, mostram-se confusos diante da quantidade de informações a respeito do tema.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem o objetivo de investigar e comparar o entendimento, a imagem e as relações estabelecidas por alunos do primeiro, segundo e terceiro ano do ensino médio sobre os conceitos de gene, DNA e cromossomo. Os resultados desta pesquisa nos ajudaram a refletir sobre o processo de ensino e aprendizagem no ensino de Biologia, em especial no ensino da genética.

METODOLOGIA E REFERENCIAL TEÓRICO

Pesquisas no campo da Educação em Ciências têm mostrado a necessidade e a importância de focalizarmos a atenção no papel desempenhado por diferentes modos semióticos, e não somente pela linguagem verbal, na construção do conhecimento científico (PICCININI & MARTINS, 2004). KRESS *et al.* (1998) abriram caminho para o entendimento do papel da imagem e dos gestos na construção dos conceitos científicos ao construírem um quadro teórico de referência que articula idéias e procedimentos de análises no campo da Educação em Ciências.

Segundo ALMEIDA (2003), a percepção, o estudo e a compreensão das imagens constituem aspectos importantes do ensino e da aprendizagem, em especial no ensino fundamental e médio onde crianças e adolescentes tendem a preferir linguagens visuais. As imagens são utilizadas como estratégias de aprendizagem e são consideradas como elemento sensibilizador para a futura compreensão de um determinado conceito. Além disso, as imagens podem ser empregadas em todas as etapas da aprendizagem, podendo ainda formar a memória imagética, nos momentos finais deste processo, contribuindo para aprendizagem de outros temas. Para MARTINS *et al.* (2005) “Imagens são importantes recursos para a comunicação de idéias científicas. Além da indiscutível importância como recursos para a visualização,as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das idéias científicas e na sua conceitualização”. Diante do exposto os modos semióticos considerados neste estudo incluem o modo verbal (respostas escritas) e o modo visual (desenhos).

Sujeitos da pesquisa

Participaram desta pesquisa alunos do ensino médio de Escolas estaduais e particulares de Minas Gerais sendo 30 alunos do primeiro ano, 113 alunos do segundo ano e 137 alunos do terceiro ano. Salientamos que o número de alunos do primeiro ano investigado foi bem menor quando comparado ao número de alunos do segundo e terceiro ano. Portanto, para a confirmação dos dados referentes ao primeiro ano, seria interessante aumentar o número de alunos pesquisados. É importante ressaltar que, geralmente, os conceitos pesquisados são abordados no

primeiro ano do ensino médio. Os instrumentos de coletas de dados foram respondidos pelos alunos sem que estes conceitos tivessem sido trabalhados em sala de aula.

Procedimento

Os alunos receberam folhas de papel com duas questões: 1- O que é gene, DNA e cromossomo? e 2- Desenhe dentro da célula: o DNA, o gene e o cromossomo. Os estudantes foram incentivados a expressar livremente seus pensamentos sem se preocupar com a limitação de tempo. Foi explicado a eles que o objetivo principal da atividade não era categorizar as respostas como corretas ou incorretas e que a atividade não tinha caráter avaliativo e, portanto, não seria necessário escrever o nome para a identificação.

Análise dos dados

Os critérios empregados na análise dos dados foram semelhantes aos utilizados anteriormente por ABRAHAM *et al.*, 1992 e SAKA *et al.*, 2006. Estes métodos permitem a categorização das respostas escritas e a comparação do nível de entendimento dos alunos. As análises foram realizadas por um grupo de alunos do Mestrado em Ensino de Biologia da PUC-Minas. O grupo, constituído de professores do ensino médio, durante a disciplina Tópicos de Biologia Molecular, discutiu intensamente os três conceitos analisados e foi apresentado e instruído com relação a utilização dos instrumentos de análise dos dados. Posteriormente, os professores realizaram a pesquisa nas Escolas de ensino médio onde trabalham.

As respostas escritas foram avaliadas usando a escala mostrada na tabela 1 e os desenhos foram analisados através de um sistema de pontos apresentado e exemplificado na tabela 2. Exemplos de respostas que consideramos completas: Sobre o DNA: O DNA é ácido desoxirribonucleico. Ele consiste de duas cadeias de nucleotídios na forma de dupla hélice. A seqüência dos nucleotídeos fornece informações para a síntese de proteínas ou RNA e para a formação de indivíduos de uma espécie particular; Sobre o Gene: Um gene é uma unidade de informação (unidade transcricional) que codifica proteínas e RNA que é passada dos pais à sua prole. É a seqüência de nucleotídeos necessária para a síntese de uma cadeia polipeptídica ou de RNA funcionais. Cada gene tem uma posição específica (locus) em um cromossomo. É um segmento do DNA, composto de regiões transcritas e regulatórias; É importante ressaltar que neste estudo consideramos o conceito molecular clássico de gene (EL-HANI, 2007) uma vez que este é o conceito amplamente utilizado nos livros didáticos (VILAS-BOAS, 2006) e nas revistas de divulgação científica (GOLDBACH *et al.* 2005); Sobre o Cromossomo: Um cromossomo é uma molécula única e longa de DNA, que contém muitos genes que tem a função de armazenar e transmitir a informação genética. Os cromossomos dos eucariotas consistem de uma molécula linear de DNA associada a proteínas (histonas). Nos procariontes, o cromossomo é uma molécula circular de DNA sem proteínas.

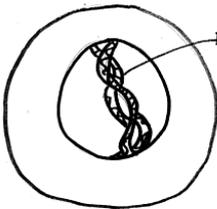
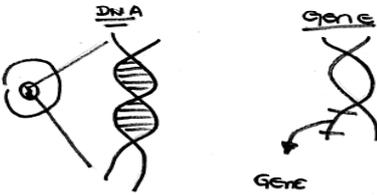
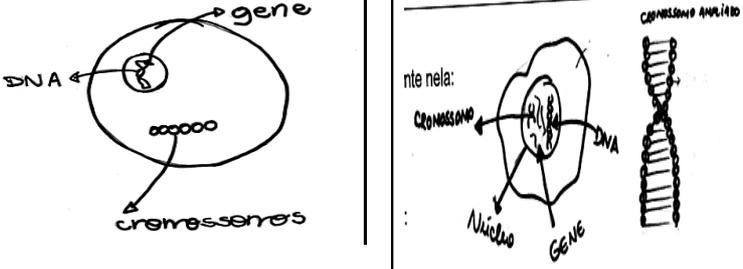
No decorrer da análise dos desenhos os mesmos foram classificados em diferentes níveis (1 a 7) de acordo com os critérios apresentados na tabela 2. Levamos em consideração a imagem que os alunos tinham sobre os três conceitos pesquisados e também a relação que eles fazem entre estes conceitos no contexto da célula.

Tabela 1. Escala de avaliação das respostas escritas dos estudantes.

Escore do entendimento	Critérios das respostas
NE - Não entendeu	Respostas em branco, sem clareza ou explicações ou repetiu a pergunta.
CA - Concepção alternativa	Respostas cientificamente incorretas.
EP/CA - Entendimento parcial com concepção alternativa	Respostas com entendimento do conceito, mas com concepções alternativas.
EP - Entendimento parcial	Respostas que contém parte do conceito cientificamente correto.
EC - Entendimento completo	Respostas que contém todas as partes do conceito cientificamente correto.

Fonte: SAKA *et al.*, 2006.

Tabela 2. Sistema usado como escala de qualidade biológica de cada desenho

Nível	Critérios dos desenhos	Exemplo
1	Não desenhou	-
2	Desenho de três conceitos incorretos	
3	Desenho de apenas um conceito de forma incorreta	
4	Desenho de dois conceitos e somente um está correto	
5	Desenho de dois conceitos e ambos estão corretos	
6	Desenho de três conceitos e um ou dois estão corretos	
7	Desenho de três conceitos corretos	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado final da análise das respostas escritas (modo verbal) dos estudantes do primeiro, segundo e terceiro ano do ensino médio para os conceitos de DNA, gene e cromossomo estão apresentados nas tabelas 3, 4 e 5 respectivamente. De modo geral observamos um baixo nível de compreensão científica destes conceitos, em especial nos alunos do segundo ano, 23% para o DNA, 35% para o gene e 38% para o cromossomo. Os alunos do primeiro ano foram os que alcançaram a maior porcentagem de respostas que demonstraram entendimento completo dos três conceitos (10% para todos os conceitos). Por outro lado, embora as porcentagens dos alunos do terceiro ano que disseram não terem entendido os conceitos tenham sido as menores (4, 10 e 8%), os mesmos não conseguiram dar respostas cientificamente corretas para os três conceitos investigados (0% para todos os conceitos). Uma possível explicação para este resultado seria que no decorrer dos anos do ensino médio os estudantes recebem um grande número de informações novas sobre estes conceitos e não conseguem agregá-las ao conhecimento prévio desenvolvendo assim concepções alternativas.

Podemos observar nas tabelas 3, 4 e 5 que as respostas da maioria dos estudantes para os conceitos, independente do ano investigado, foram constituídas de repostas cientificamente incorretas (porcentagem acima de 40%), com exceção das respostas dos alunos do primeiro ano para o conceito de DNA. Como apresentado na tabela 3, a maioria os alunos do primeiro ano tem um entendimento parcial do conceito de DNA (33%), e, apenas 24% apresentaram concepções alternativas sobre este conceito. Os alunos do terceiro ano foram os que apresentaram a maior porcentagem de concepções alternativas 40, 41 e 63% para os conceitos de DNA, gene e cromossomo respectivamente. O conceito mais problemático dos três foi o de cromossomo. A maioria dos estudantes, independente do ano cursado, não conseguiu dar uma resposta satisfatória sobre o que é o cromossomo (47%, 41% e 63%).

Nas respostas dos alunos observamos que a resposta que apareceu mais frequentemente relaciona o DNA, o gene e o cromossomo com a determinação das características genéticas, revelando a concepção antropocêntrica da vida. Sobre este aspecto, BARRABÍN E SANCHEZ (1996) argumentam que muitas representações proporcionadas por diversos meios de comunicação oferecem uma idéia antropocêntrica da vida, e isto resulta em um obstáculo na aquisição de alguns conhecimentos de biologia.

Nas respostas dos alunos observamos que gene e DNA parecem ser sinônimos e, a maioria dos estudantes ao defini-los fez referência a sua estrutura ou composição sem, no entanto descrever suas funções (“*É uma dupla hélice/Molécula formada por A, T, C, G e histomas*”). Muitos correlacionaram o DNA e o gene à hereditariedade (“*Caracteriza nossa identidade / Identidade do corpo humano que revela quase todas as nossas características / São as características das pessoas. / É o que determina as características hereditárias como a cor dos olhos (AA, Aa e aa) / Ele define o grupo sanguíneo / São as características que pegamos dos pais*”), equívocos comuns foram relatados por outros autores (HALLDEN, 1988; GILI, 2001). VILAS-BOAS (2006) pondera que “a confusão que os alunos trazem quanto à sinonímia de gene e DNA pode ficar exacerbada com a afirmação de que a auto duplicação é uma propriedade fundamental do DNA e não do gene propriamente dito”, sendo que esta afirmação é encontrada em livros didáticos de biologia. Os estudantes do terceiro ano correlacionaram o DNA com o teste para identificação de paternidade como exemplificado pelas respostas “*É um exame usado atualmente para descobrir a paternidade/É um diagnóstico ou exame que define quem você é./Exame para saber se o filho é seu ou não*”. Estas respostas podem estar diretamente relacionadas a informações obtidas através da mídia e demonstram uma forte visão funcionalista por parte dos alunos. Observamos que o conceito de gene está bem distante do conceito molecular clássico encontrado nos livros didáticos e nas revistas de divulgação científica.

O conceito de cromossomo foi o que apresentou a maior diversidade de respostas, especialmente em relação aos alunos do terceiro ano, e, a grande maioria dos alunos,

independente do ano pesquisado, apresentou concepções errôneas sob o ponto de vista científico como: “*Organela citoplasmática / Estruturas celulares que se juntam para formar o homem / Célula que determina as características do ser / Estão presentes no DNA / Parte do gene que determina as características*”. PEDRANCINI *et al.* (2007) encontrou concepções semelhantes em relação ao conceito de cromossomo. Segundo os autores “estas concepções podem indicar que o aluno apropriou-se da palavra e não, necessariamente, do conceito, apresentando um entendimento ainda não elaborado”.

MARBACH-AD (2001), ao estudar a compreensão dos alunos sobre determinados conceitos genéticos, identificou a ocorrência de concepções alternativas e compartimentalização entre os conceitos pesquisados. Seus estudos mostraram que muitos alunos, quando perguntados sobre o que é DNA, gene e cromossomo, respondiam através de explicações funcionais ou estruturais, raramente incluindo as duas possibilidades na mesma resposta. O DNA seria responsável por transmitir a informação hereditária de uma geração para outra, sendo pouco considerada a possibilidade de transmitir informações de uma célula para outra. O gene responderia por determinar uma característica particular em um indivíduo e o conceito de cromossomo tende a receber uma explicação estrutural sobre sua composição química, ao invés de funcional. Segundo o autor, isto mostra que eles têm dificuldades para interpretar que os três conceitos servem para a mesma função, estabelecendo pouca relação entre eles e outros conceitos, como proteínas e enzimas.

Tabela 3 - Porcentagem do nível de entendimento do conceito de DNA no ensino médio

Ano do ensino médio	Escore de entendimento				
	NE	CA	EP/CA	EP	EC
Primeiro	13	24	20	33	10
Segundo	23	44	18	9	6
Terceiro	4	40	39	17	0

Tabela 4- Porcentagem do nível de entendimento do conceito de gene no ensino médio

Ano do ensino médio	Escore de entendimento				
	NE	CA	EP/CA	EP	EC
Primeiro	17	50	13	10	10
Segundo	35	42	14	5	4
Terceiro	10	41	32	17	0

Tabela 5- Porcentagem do nível de entendimento do conceito de cromossomo no ensino médio

Ano do ensino médio	Escore de entendimento				
	NE	CA	EP/CA	EP	EC
Primeiro	13	47	13	17	10
Segundo	38	41	5	12	4
Terceiro	8	63	20	9	0

É importante salientar que ao analisarmos as respostas observamos também problemas com relação ao conceito de célula, especialmente pelos alunos do segundo ano, exemplificados pelas respostas para o conceito de DNA: “*Célula que possibilita o funcionamento do corpo*” e de cromossomo: “*Célula que determina as características do ser*”, “*Conjunto de células*”, “*São*

pares de células que juntas formam as características” e *“Célula tanto humana quanto animal”*. Segundo PEDRANCINI *et al.* (2007) “o estudo da célula é um dos conteúdos mais ressaltados nas grades curriculares do ensino fundamental e médio. No entanto, a complexidade deste conceito aliada à forma como o ensino é organizado, potencializando a fragmentação dos conteúdos, dificulta a aprendizagem da estrutura e fisiologia celular como uma das características básicas dos seres vivos.”

De modo geral, os dados obtidos das respostas escritas revelam que os alunos apresentam idéias espontâneas, algumas vezes, destituídas de significados sobre estes conceitos. Os alunos do terceiro ano usaram um número maior de termos científicos aprendidos durante o estudo da biologia sem compreender realmente os seus significados. Possivelmente, isso se deva ao fato de que o ensino não lhes tenha propiciado as atividades necessárias para que o desenvolvimento dos conceitos científicos pudesse ultrapassar os conceitos espontâneos, nos termos apontados por VYGOTSKY (1991).

Os dados resultantes da análise dos desenhos dos estudantes (modo visual) estão apresentados na tabela 6. De acordo com a tabela, a porcentagem dos alunos que não desenhou os três conceitos foi de 16% para o primeiro ano, 6% para o segundo e 0% para o terceiro ano. A maioria dos alunos do primeiro (30%) e do segundo ano (56%) desenhou os três conceitos, porém de forma cientificamente incorreta. A maior parte dos estudantes do terceiro ano desenhou os três conceitos sendo que um ou dois estavam corretos (56%). Foi no terceiro ano que detectamos a maior porcentagem dos três conceitos desenhados de forma correta (11%), seguido pelo primeiro (5%) e segundo ano (4%). É interessante notar que embora os alunos do terceiro ano não tenham conseguido formular respostas escritas completas para os conceitos (tabelas 3, 4 e 5) uma parte deles (11%) conseguiu expressar os conceitos corretamente através do desenho. Este dado mostra que às vezes a imagem pode refletir melhor a forma como os estudantes visualizam os conceitos em suas mentes. Investigações no campo da Educação em Ciências têm mostrado resultados que apontam que as imagens são mais facilmente lembradas do que suas representações verbais correspondentes e também o efeito positivo das imagens no processo de aprendizagem dos alunos (MARTINS *et al.*, 2005). Os dados apresentados na tabela 6 são concordantes com os dados obtidos a partir da análise das respostas escritas e mostram que os estudantes do segundo ano foram os que apresentaram maior dificuldade com relação ao entendimento dos três conceitos independente do modo semiótico utilizado.

Tabela 6 – Porcentagem dos níveis dos desenhos de gene, DNA e cromossomo dos alunos do ensino médio

Ano do ensino médio	Nível dos desenhos						
	1	2	3	4	5	6	7
Primeiro	15	30	14	26	5	5	5
Segundo	6	56	4	4	0	30	4
Terceiro	0	15	4	9	5	56	11

Um dos principais problemas detectados, tanto nas respostas escritas como nos desenhos, independentemente do ano do ensino médio pesquisado, foi a falta de correlação e a existência de relações equivocadas entre DNA, gene e cromossomo. A dificuldade em relacionar estes três conceitos é constante e fica evidente nas respostas dos estudantes: DNA é *“um conjunto de cromossomos”*, cromossomo é um *“Pedaço de DNA que fica no núcleo”* e gene *“É a proteína encontrada no núcleo do Cromossomo”*. A análise dos desenhos mostrou uma confusão considerável nas relações entre DNA, gene e cromossomo. Algumas delas foram: os genes freqüentemente eram maiores do que os cromossomos; O DNA, o gene e o cromossomo foram desenhados no citoplasma (fora do núcleo); O DNA, o gene e o cromossomo foram

desenhados separadamente sem conexão entre eles e o cromossomo fazendo parte do DNA. No estudo realizado por LEWIS E WOOD-ROBINSON (2000b) foi constatado que embora a maioria dos estudantes avaliados conseguisse identificar um gene como fonte de informação genética, poucos tinham um claro entendimento de gene como uma entidade física, com um local específico no cromossomo e alguns ainda consideravam genes como sendo maiores que cromossomos. PAIVA E MARTINS, 2005 comenta que “se esses conceitos não forem explicados de uma forma organizada, os estudantes talvez não sejam capazes de estabelecer uma relação entre eles. Geralmente em sala de aula, esses assuntos são apresentados de forma desconectada e na maioria das vezes, devido a grande quantidade de conteúdos e a falta de tempo, não há oportunidade para o professor de levar os alunos a estabelecer uma relação lógica entre esses conceitos”.

Resultados similares aos nossos foram relatados por SAKA *et al.* (2006), estes autores realizaram um estudo com estudantes turcos de diferentes idades, por meio de desenhos (modo visual) e respostas escritas (modo verbal) para avaliar o entendimento destes alunos sobre gene, DNA e cromossomo. A análise das respostas escritas dos estudantes mostraram que todos os estudantes, independente da idade, e também seus professores, apresentaram concepções equivocadas sobre os conceitos analisados, especialmente sobre gene e cromossomo. Os desenhos, muitas vezes, refletiram melhor como os alunos e professores visualizam estes três conceitos em suas mentes. A análise dos desenhos deixou clara a dificuldade dos estudantes e professores em relacionar os três conceitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados apresentados nesta pesquisa mostram que os estudantes do ensino médio de escolas públicas e privadas de Minas Gerais tem dificuldade de entender os conceitos de DNA, gene e cromossomo. A análise da respostas escritas (modo verbal) mostrou resultados semelhantes aos detectados por outros autores (PAIVA E MARTINS, 2005; PEDRANCINI *et al.*, 2007). As respostas da maioria dos estudantes para os conceitos, independente do ano investigado, foram constituídas de respostas cientificamente incorretas e que apresentaram um grande número de idéias espontâneas, com exceção das respostas dos alunos do primeiro ano para o conceito de DNA. Nossos dados acrescentam que os alunos do segundo ano do ensino médio foram os que apresentaram maior dificuldade em entender os três conceitos. Uma possível explicação para este fato seria que durante o segundo ano estes conceitos não são abordados no conteúdo de biologia e, portanto, o que foi trabalhado no primeiro ano fica descontextualizado e é esquecido pelos alunos. Os alunos do terceiro ano, apesar de usarem com maior frequência a terminologia científica, tiveram dificuldade em expressar, através da linguagem verbal, o seu entendimento sobre os três conceitos. Este achado parece indicar que ano após ano os estudantes ganham novas informações e os conhecimentos tornam-se mais complicados fazendo com que eles desenvolvam concepções alternativas sobre os temas pesquisados e esqueçam os conceitos que foram adquiridos de forma superficial. De acordo com PAIVA E MARTINS (2005) “é importante que os professores de Biologia desenvolvam estratégias de ensino que identifiquem as idéias alternativas dos estudantes sobre estes conceitos, para que eles possam reformulá-las impedindo que elas persistam”.

Os dados resultantes da análise dos desenhos dos estudantes (modo visual) mostraram que, diferentemente do que ocorreu com a linguagem verbal, os alunos do primeiro ano foram os que tiveram maior dificuldade para desenhar os conceitos, por outro lado, todos os alunos do terceiro ano fizeram o desenho. A maioria dos alunos do primeiro e do segundo ano desenharam os três conceitos, porém de forma cientificamente incorreta. Foi no terceiro ano que detectamos a maior porcentagem dos três conceitos desenhados de forma correta, embora estes estudantes não tenham conseguido formular respostas escritas completas para os conceitos. Este dado mostra que às vezes a imagem pode refletir melhor a forma como os estudantes visualizam estes conceitos em suas mentes. O uso de imagens tem a capacidade de ativar a memória e quando

idéias complexas são apresentadas e explicadas, a analogia visual pode permitir o estabelecimento e a demonstração de relação entre suas partes (SLAUGHTER, 2007).

Um dos principais problemas detectados, tanto nas respostas escritas como nos desenhos, independentemente do ano do ensino médio pesquisado, foi a falta de correlação e a existência de relações equivocadas entre DNA, gene e cromossomo. Segundo PEDRANCINI *et al.* (2007) “os estudantes do ensino médio constroem explicações próprias para os conceitos de DNA, gene e cromossomo durante o processo de ensino e aprendizagem. Muitas vezes, porém, a falta de conexões entre estes conceitos ou o estabelecimento de conexões incorretas torna estas explicações incompletas ou, até mesmo, inconsistentes com os princípios científicos. Esse fato se deve, em parte, à carência de conexões explícitas entre os temas e disciplinas, entre as unidades distintas estabelecidas nos livros didáticos e ao ensino centrado somente na repetição ou no emprego mecânico de conceitos.”

Os resultados aqui apresentados enfatizam a necessidade de mudanças no processo ensino-aprendizagem de conceitos genéticos. Mudanças estas que passam pela capacitação dos docentes, adequação dos livros didáticos e introdução de novas formas de linguagem. É necessário que busquemos novas estratégias que possam contribuir na elaboração e conceitualização da Ciência do DNA. A apropriação de conceitos como DNA, gene e cromossomos são fundamentais 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 tomar posição sobre questões culturais, sociais e éticas que envolvem a aplicação das tecnologias relacionadas ao DNA.

REFERÊNCIAS

Agradecemos aos alunos do Mestrado em Ensino de Biologia da PUC-Minas por terem colhido os dados aqui apresentados: Adriana Gonçalves Soares, Luzimar Célia de Souza, Raphael Fraga Vitalino, Santer Alvares de Matos e Sebastião Ananias Ribeiro de Souza.

ABRAHAM, M. R.; GRZYBOWSKI, E. B.; RENNER, J. V.; MAREK, E. A. Understanding and misunderstanding of eighth graders of five chemistry concepts found in textbook. **Journal of Research in Science Teaching**. v.29, p.105-120. 1992.

ALMEIDA, Eduardo Benedito Leite. **Os Caminhos da aprendizagem: conexões entre educação, imagem e as tecnologias da informação e comunicação**. São Paulo: 2003.

BARRABÍN, J. DE M.; SÁNCHEZ, R. G. Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. **Didáctica de las Ciencias Experimentales**, v.7, p.53-63.1996.

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

CHATTOPADHYAY, A. Understanding of genetics information in higher secondary students in northeast India and the implications for genetics education. **Cell Biological Education**. v.4, p.97–104. 2005.

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

GOLDBACH, T.; AL-HANI, C.; MARTINS, R. C. Idéias sobre gene em revistas de divulgação científica e em glossários virtuais. In: V ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE CIÊNCIAS, Baurú-São Paulo. Anais do V ENPEC, 2005.

HALLDEN, O. The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. **International Journal of Science Education**. v.10, p.541–552. 1988.

- JUSTINA, L. A. D.; LEYSER Da ROSA, V. Genética no ensino médio: temáticas que apresentam maior grau de dificuldade na atividade pedagógica. In: **Coletânea do VII Encontro “Perspectivas do ensino de Biologia”**, São Paulo: FEUSP. p.794-795. 2000.
- KRESS, G.; OGBORN, J.; MARTINS, I. A satellite view of language: some lessons from science classrooms. **Language and Awareness**. v.7, n.2-3, p.69-89. 1998.
- LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. All in the genes?—Young people’s understanding of the nature of genes. **Journal of Biological Education**. v.34, n.2, p.74–79. 2000a.
- LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division, and; inheritance- do students see any relationship?. **International Journal of Science Education**. v.22, n.2, p.177–195. 2000b.
- LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Chromosomes: the missing link- Young people’s understanding of mitosis, meiosis and fertilization. **Journal of Biological Education**. v.34, n.4. p.189–200. 2000c.
- MARBACH-Ad, G. Attempting to break the code in student comprehension of genetics concepts. **Journal of Biological Education** v.35, p.183-189. 2001.
- MARTINEZ-GRACIA, M. V.; GIL-QUÍLEZ, M. J.; OSADA, J. Analysis of molecular genetics content in spanish secondary school textbooks. **Journal of Biological Education**. v.40, n.2, p.53-60. 2006.
- MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. L. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 4, p. 38-40. 2005
- PAIVA, A. L.B.; MARTINS, C. M. 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**. v.7, número especial, 2005.
- PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e apropriação do saber científico e tecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v.6, n.2, 299-309, 2007.
- PICCININI, C. L.; MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio: pesquisa em ensino de ciências**., Belo Horizonte, MG, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2004.
- VILAS-BOAS, A. Conceitos errôneos de Genética em livros didáticos do ensino médio. **Genética na Escola**, v.1, n.1, p. 9-11, 2006.
- SAKA, A.; CERRAH, L.; AKDENIZ, A. R.; AYAS, A. A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: How do they image the gene, DNA and chromosome? **Journal of Science Education and Technology**. v.15, n.2, p.192-202. 2006.
- SLAUGHTER, T. Still imagens and teaching and learning. Centre for the Study of Higher Education. **Disponível em:** http://www.cshe.unimelb.edu.au/pdfs/Still_Images.pdf. **Acesso em: 20 de out. 2007.**
- VENVILLE, G. C.; TREAGUST, D. F. Exploring conceptual change in genetics using multidimensional interpretive framework. **Journal of Research in Science Teaching**. v.35, p.1031-1055. 1998.
- WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J. Young people's understanding of the nature of genetic

information in the cells of an organism. **Journal of Biological Education**. v.35, n.1, p.29–36. 2000.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes.1991.

XAVIER, M., C. F.; DE SÁ FREIRE, A.; MORAES, M. O. A nova (moderna) biologia e genética nos livros didáticos de Biologia no ensino médio. **Ciência e Educação**. v.12, n.3, p.275-289, 2006.