

O ensino de Genética: a visão de professores de Biologia

The teaching of genetics: the teacher's view of Biology

Daiana Sonego Temp¹; Marlise Ladvoat Bartholomei-Santos²

¹Prof.^a Dra. Colégio Militar de Santa Maria (CMSM); Prof.^a Dra. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

E-mail: daiاناتemp@yahoo.com.br

RESUMO: Este estudo identificou as visões de professores de Biologia sobre a importância do ensino e aprendizagem da Genética, o que consideram relevante o aluno estudar sobre o tema e quais as maiores dificuldades apresentadas. A metodologia utilizada baseou-se na aplicação de entrevistas semiestruturadas. Os resultados mostraram que os professores consideram que aprender Genética significa a capacidade de aplicar o conhecimento ao cotidiano. Os conteúdos considerados indispensáveis para aprender Genética são conceitos básicos como gene, genótipo, fenótipo, mitose, meiose, relação gene-cromossomo-DNA e síntese de proteínas. A maioria dos pesquisados considera que a dificuldade no aprendizado de Genética se relaciona ao excesso de terminologia, dificuldade de interpretação e relação com outros conteúdos e disciplinas. Os professores utilizam a história da Genética como forma de contextualização do conteúdo e consideram que aprender Genética capacita os estudantes a compreender notícias veiculadas pela mídia. Grande parte dos professores busca reconhecer concepções prévias dos estudantes sobre o tema utilizando diferentes estratégias. Assim, percebe-se que o discurso dos professores acaba sendo contraditório em alguns pontos, pois acreditam que o excesso de conceitos é fator que prejudica o aprendizado, mas consideram que saber esses conceitos é importante.

Palavras-chave: Aprendizagem, Genética, Percepções, Professores.

ABSTRACT: This study identified the views of Biology teachers on the importance of teaching and learning of Genetics, which they consider relevant the student studying about the subject and what the greatest difficulties presented. The results showed that teachers consider that learning Genetics means the ability to apply knowledge to everyday life. The contents considered essential for learning Genetics are basic concepts such as gene, genotype, phenotype, mitosis, meiosis, gene-chromosome-DNA relation and protein synthesis. The majority of respondents consider that the difficulty in learning Genetics is related to the excess of terminology, difficulty of interpretation and relation with other contents and disciplines. Teachers use the history of genetics as a way of contextualizing content and consider that learning genetics enables students to understand news stories in the media. Most teachers seek to recognize students' prior conceptions of the subject using different strategies. Thus, it is noticed that the teachers' discourse ends up being contradictory in some points, because they believe that the excess of concepts is a factor that impairs learning, but consider that knowing these concepts is importante.

Keys-words: Learning, Genetics, Perceptions, Teachers.

Introdução

O ensino de Genética, suas aplicações e correlações é revestido de insegurança por parte dos professores que consideram esta área da Biologia como uma das mais difíceis (KLAUTAU et al., 2008; GERICKE et al., 2012).

Ensinar Genética implica na capacidade de transformar conceitos abstratos, como gene e DNA, em imagens ilustrativas; é conseguir interligar conteúdos, por exemplo, meiose e formação de gametas; aliar cálculos com situações do cotidiano. Então, o professor precisa utilizar diferentes metodologias para que seu discurso seja compreendido (KRASILCHIK, 1986). Temas relacionados à Genética estão presentes nos mais variados momentos de nossas vidas, desde a manipulação vegetal com o objetivo de maior produção de alimentos até a pesquisa com células-tronco que buscam desenvolver tratamentos eficazes contra doenças degenerativas, como distrofias musculares (BARNI, 2010; ZATZ, 2012).

Sacristán e Gómez (1996, p. 10) apontam que uma das questões mais inquietantes com relação à aprendizagem é sobre “como evitar que a aprendizagem em aula se constitua em uma cultura particular, a cultura acadêmica que tem valor para resolver exercícios com êxito”. Com os avanços da área da Genética, a educação brasileira precisa adequar-se à realidade, aproximando a escola dos novos conceitos (GIACOIA et al., 2014).

As competências relacionadas ao ensino de Genética desafiam o professor a organizar o conhecimento a partir de situações de aprendizagem que façam sentido aos alunos e possibilite que eles interajam em diferentes situações, principalmente em situações cotidianas (BRASIL, 2006).

É importante recordar que os alunos não chegam à escola isentos de conhecimentos (AYUSO e BANET, 2002). Na realidade eles carregam concepções veiculadas, principalmente, pela mídia e através das relações familiares e com amigos. Estas concepções, muitas vezes errôneas, dificultam o aprendizado sendo papel do professor reconhecê-las e buscar metodologias que auxiliem o aluno a trocar a concepção antiga pela concepção cientificamente correta. Reconhecer as concepções errôneas relacionadas à Genética é fundamental para que haja o aprendizado mais real e duradouro de temas ligados à esta ciência (KLAUTAU-GUIMARÃES et al., 2008).

Assim, este trabalho objetivou reconhecer as percepções de professores frente ao ensino de Genética, principalmente em relação às dificuldades encontradas, conteúdos mínimos para a aprendizagem e reconhecimento de concepções.

Metodologia

Para o desenvolvimento deste estudo foi escolhida a pesquisa do tipo quali-quantitativa que “pode ser caracterizada como a tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados, em lugar da produção, apenas, de medidas quantitativas de características ou comportamentos” (RICHARDSON, 1999, p.135).

Participantes da pesquisa

Participaram da pesquisa 17 professores de Biologia atuantes no Ensino Médio nas redes pública e privada na cidade de Santa Maria, RS, Brasil. A caracterização geral do grupo está apresentada no Quadro 1.

Para a análise e transcrição das respostas os professores foram denominados com a letra P seguidos do número 1 ao 17.

Quadro 1. Caracterização da amostra de professores que responderam a pesquisa. M = masculino; F = feminino; LP = Licenciatura Plena; B = Bacharelado; L + B = Licenciatura e Bacharelado; Ms = mestrado; E = especialização; Pu = Escola Pública; Pr = Escola Privada; Pu + Pr = Escola Pública e Escola Privada.

Sexo	Faixa etária (anos)	Graduação em Ciências Biológicas	Pós-graduação	Tempo de magistério (anos)	Local de trabalho
M: 01 F: 16	20-29: 10 30-39: 04 40-49: 01 > 50: 02	LP: 14 B: 01 L + B: 02	Ms: 08 E: 07	0-10: 03 11-15: 05 16- 25: 07 > 25: 02	Pu: 07 Pr: 02 Pu + Pr: 08

Questionário

Para a coleta dos dados utilizou-se um questionário composto por oito questões que buscavam compreender as percepções dos professores com relação ao ensino e aprendizagem em Genética. Os temas das questões estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Temas das questões presentes no questionário respondido pelos professores.

Questão	Tema
1	Definição de aprendizagem em Genética
2	Conteúdos indispensáveis para aprender Genética
3	Causas da dificuldade em aprender Genética
4	Uso da História da Genética
5	Benefício da aprendizagem de Genética
6	Hierarquia de conteúdos para ensinar Genética
7	Reconhecimento de concepções entre os alunos
8	Aprendizagem esperada após um ano de estudo dos conteúdos de Genética

Resultados

A questão 1 apresenta como tema a definição de aprendizagem em Genética. As respostas foram agrupadas em cinco categorias apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Categorias das respostas dadas à questão 1 (definição de aprendizagem em Genética) e número de professores em cada categoria.

Categorias	Professores	Total de respostas
Capacidade de aplicação do conhecimento ao cotidiano	P1, P3, P4, P5, P8, P11, P13, P15	7
Capacidade de correlacionar conteúdos	P1, P7, P11, P12, P16	5
Busca de significado para a aprendizagem	P2, P3, P14, P15	4
Contextualização, abstração e utilização da imaginação	P5, P12, P13, P14	4
Compreensão dos temas de Biotecnologia	P6, P15, P16	3

Fonte: Dados da pesquisa.

Algumas respostas à estas questões foram:

“Aplicar o conhecimento nas situações diárias. Entender a relação entre seu fenótipo e DNA” (P3);

“É a capacidade de abstrair e, ao mesmo tempo, o contato com a realidade” (P5);

“É a capacidade de relacionar conteúdos como citologia, fisiologia celular e conseguir aplicá-los no cotidiano” (P11);

“É a capacidade de contextualização. Em genética, o conhecimento ocorre quando se tem a noção de que o núcleo comanda a atividade celular e que célula é a unidade funcional do organismo e o DNA é o mestre que rege a orquestra célula” (P12).

Os conteúdos necessários à aprendizagem de Genética foram abordados na questão 2.

As respostas foram divididas, inicialmente, em conteúdos adequados ao 1º ano e 2º ano do EM (de acordo com o currículo proposto pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM) e depois agrupadas em categorias (Tabela 2.).

A escolha pela análise do currículo proposto pela UFSM ocorreu devido a mesma ser a principal instituição de ensino superior situada no interior do RS, local da pesquisa.

Os conteúdos adequados ao 1º ano foram agrupados em três categorias:

1. Estrutura e função dos ácidos nucleicos: composta por respostas que continham termos/conceitos como: DNA, RNA, cromossomos, cromatina, célula haploide, célula diploide, síntese de proteínas;
2. Processos de divisão celular e suas relações: contém respostas relacionadas à mitose, meiose, gametogênese, fecundação e permutação;
3. Célula: citações como funcionamento celular e citologia;

Os conteúdos adequados ao 2º ano compreenderam temas ensinados apenas nesta série, sendo agrupados em quatro categorias:

1. Conceitos: apresenta as respostas que continham temas como genótipo, fenótipo, homocigoto, heterocigoto, dominante, recessivo;
2. Relação entre DNA e evolução: especiação, evolução;
3. Resolução de cálculos: probabilidade, porcentagem;
4. Montagem e interpretação de heredogramas: genealogia, famílias genéticas, imagens de genealogias.

Tabela 2. Categorias definidas a partir das respostas dos professores à questão 2 (conteúdos necessários à aprendizagem de genética) e número de vezes que cada categoria foi citada.

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS/CONCEITOS	Número de respostas
G1	Estrutura e função dos ácidos nucleicos: DNA, RNA, cromossomos, cromatina, célula haploide, célula diploide, síntese de proteínas.	25
	Processos de divisão celular e suas relações: Mitose, meiose, gametogênese, fecundação, permutação.	8
	Célula: Funcionamento celular e citologia	2
G2	Conceitos: Genótipo, fenótipo, homocigoto, heterocigoto, dominante, recessivo.	25
	DNA e evolução: Evolução e especiação	4
	Resolução de cálculos: Probabilidade, porcentagem	2
	Montagem e interpretação de heredogramas: Genealogias, famílias genéticas, heredograma	9

Fonte: Dados da pesquisa.

O aprendizado dos conteúdos de Genética é considerado um dos mais difíceis dentro da disciplina de Biologia. Na questão 3 os professores citaram quais são os principais motivos para esta dificuldade (Tabela 3).

Tabela 3. Respostas dos professores na questão 3 sobre a dificuldade em aprender Genética.

Dificuldade	Professores	Total de respostas
Interpretação, correlação entre diferentes conteúdos e resolução de cálculos	P1 até p17	17
Conteúdo abstrato	P1, P5, P9, P10, P11, 12, P16, P17	8
Excesso de conceitos	P2, P3, P6, P10, P12, P13, P15 e P17	8
Conteúdo de significado	P4, P8, P7 e P14	4
Informações errôneas veiculadas pela mídia	P1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Na questão 4 buscamos identificar se os professores costumam utilizar a história do desenvolvimento da Genética nas suas aulas e qual a finalidade de usá-la. Dezesesseis professores responderam sim e apenas um professor escreveu que eventualmente, às vezes, utiliza a história da genética em suas aulas (P12). Entre as finalidades encontramos: problematização inicial e localizar a ciência no contexto histórico-cultural (cinco respostas); compreender o progresso da ciência (quatro respostas); contextualização (3 respostas) e despertar o interesse (1 resposta).

Na questão 5 os professores deveriam responder se aprender Genética era importante e qual o motivo. Todos os professores responderam de forma afirmativa. As justificativas foram classificadas em 5 categorias apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Categorias que emergiram a partir das respostas dos professores na questão 5 sobre a importância do aprendizado de Genética.

Categorias	Número de professores
Interpretar assuntos veiculados pela mídia	14
Compreender técnicas de biotecnologia	14
Compreender as características dos seres vivos e a variabilidade	9
Diferenciar características herdáveis de não herdáveis	3
Diminuir preconceito	2
Conhecer as possibilidades de transmissão de síndromes	2

Fonte: Dados da pesquisa.

O estudo dos conteúdos de Genética requer a interação com outras subáreas da Biologia, como Biologia Molecular, e outras disciplinas, principalmente Matemática e Química. Na questão 6 os professores responderam se há necessidade de uma hierarquia para este ensino e justificaram suas respostas. Quatorze professores responderam “sim”, um escreveu “não” e dois não responderam a questão.

Entre as respostas encontramos:

- “Do micro para o macro o aluno consegue formar o passo a passo” (P1);*
- “Não, mas o aluno precisa saber divisão celular” (P2);*
- “Primeiro 1ª Lei, depois 2ª e, por último, as interações gênicas” (P13, P14);*
- “Sim, deve compreender a relação gene-cromossomo e DNA” (P5, P11, P12, P15, P17);*
- “Sim, 1º conceitos básicos; 2º Probabilidade; 3º Genealogias; 4º 1ª Lei e 5º 2ª Lei” (P14);*
- “Inicia lá na citologia” (P10).*

A pergunta número 7 questionou se os professores costumam conhecer as concepções dos seus alunos em relação à Genética e suas correlações. Onze professores responderam “sim”; 2 disseram “não” e 4 não responderam.

Dentre as respostas temos:

- Peço que façam um relato da família e escrevam o que sabem sobre gene, DNA, genoma... (P1)*
- Não. Trabalho as concepções à medida que o conteúdo vai sendo estudado. (P3)*
- Sim, através de questionamentos sobre família, DNA, aplicação da biotecnologia. (P4, P5, P7, P12, P14, P17)*
- Utilizo artigos de biotecnologia que encontro na internet. (P10)*
- P11= Peço para eles listarem onde a genética pode ser aplicada.*
- P13= Através de uma conversa informal.*

A última questão, de número 8, buscou conhecer quais conhecimentos, relacionados à Genética, o aluno deve apresentar após um ano de estudo, segundo os professores pesquisados.

Os resultados desta análise são apresentados na Figura 1.

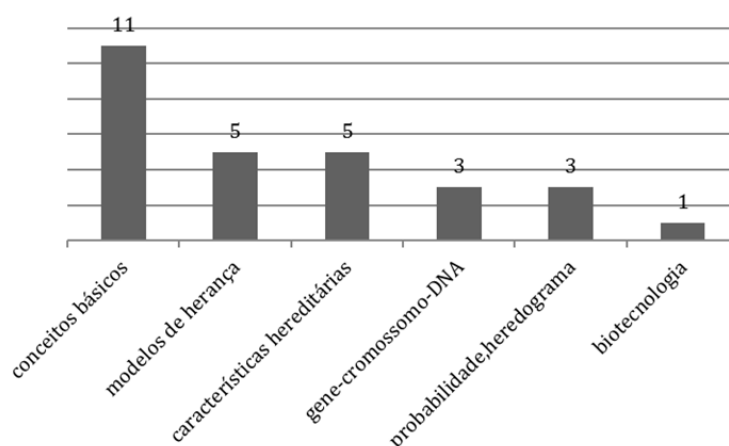


Figura 1. Conhecimentos que os alunos devem apresentar após um ano de o conteúdo ser trabalhado na escola, segundo os professores pesquisados.

Discussão

Em palestra proferida no XX Congresso Internacional de Genética, realizado em 2008 na Alemanha, Anthony Griffiths, professor emérito da Universidade British Columbia (Canadá) e autor de livros didáticos sobre Genética adotados em vários cursos de graduação em Ciências Biológicas, inclusive no Brasil, elencou as doze principais razões para a dificuldade de aprendizagem de Genética (Griffiths, 2008). Entre elas, estão: a inability para realizar análises quantitativas simples; os hábitos de estudo tradicionais não são efetivos para esta área; a resolução de problemas, frequentemente utilizada na Genética requer um entendimento profundo de conceitos e vocabulário, a capacidade de sintetizar e fazer conexões com outras áreas, além de alto nível de “numerácia” (habilidade de aplicar conceitos matemáticos a problemas do mundo real); o ensino geralmente não oferece contextualização para os estudantes apreciarem a pesquisa em Biologia, a qual costuma ser ensinada como uma enciclopédia de conhecimentos. De acordo com Griffiths (2008), os estudantes deveriam aprender conceitos e princípios e aplicá-los criativamente em situações novas.

Esta visão está relacionada, por sua vez, ao conceito de alfabetização científica. Embora este conceito possa ter variações (DEBOER, 2000), diferentes autores concordam que uma pessoa alfabetizada cientificamente, entre outras coisas, aplica o conhecimento científico e o modo científico de pensar para propósitos individuais e sociais (RUTHEFORD e AHLGREN, 1990; SASSERON e CARVALHO, 2011).

A questão 1 investigou como os professores de Biologia definem aprendizagem em Genética. Sete professores (41%) apresentaram respostas que se enquadraram na categoria “aplicação do conhecimento ao cotidiano”. Embora esta categoria tenha sido a mais citada, menos da metade dos professores participantes da pesquisa percebem a aprendizagem como a aplicação criativa de conceitos e princípios em situações novas, conforme se esperaria de pessoas alfabetizadas cientificamente em Genética. A “capacidade de correlacionar conteúdos” foi apontada por cinco professores. A Genética apresenta interfaces com várias áreas da Biologia, além da Matemática e da Química. Estudantes com maior habilidade de conexão entre conteúdos apresentarão mais facilidade para aprender Genética. A categoria menos citada foi “compreensão dos temas de biotecnologia” (dois professores). Porém, de certa forma, esta categoria está relacionada à capacidade de aplicação do conhecimento sobre Genética ao cotidiano, visto que muitos assuntos relacionados à biotecnologia são veiculados frequentemente na mídia e precisam ser compreendidos corretamente.

Apesar da variedade de respostas, para os professores aprender Genética se relaciona com questões cotidianas, relacionar Genética com conteúdos de outras séries e a capacidade de abstrair e compreender a relação do DNA com o funcionamento celular e a expressão do fenótipo. Notamos, então, que os professores pesquisados têm uma visão de aprendizagem que se afasta de um modelo

apenas conteudista ligado à memorização de conceitos, embora ainda não se aproxime adequadamente de uma visão voltada à alfabetização científica, na maioria dos casos.

A questão 2 aborda os conteúdos que consideram necessários à assuntos básicos estudados em anos anteriores. Os tópicos considerados essenciais se relacionam com temas de Genética básica como leis e genealogias, relação gene-cromossomo-DNA e divisões celulares. Temas relacionados à aprendizagem de conceitos como genótipo, fenótipo, homocigoto e heterocigoto foram citados 25 vezes pelos professores.

A Genética surge como uma área onde suas análises estão combinadas com estudos de citologia, embriologia e reprodução (GERICKE e HAGBERG, 2007), sendo extremamente importante a correlação entre Genética e outras áreas da Biologia. De forma positiva vemos que os professores entendem a necessidade de conteúdos subsunçores (AUSUBEL, 1980) que são trabalhados em anos anteriores, como os processos de divisão celular, ácidos nucleicos e síntese de proteínas. Uma pesquisa realizada com professores de Biologia no estado de São Paulo apresentou resultados semelhantes, pois mais de 80% dos professores citaram divisão celular e Genética Molecular como conteúdos essenciais para o aprendizado de Genética, com ênfase na relação entre meiose e variabilidade genética (FRANZOLIN, 2012).

Ensinar e aprender Genética são desafios para alunos e professores, pois envolve uma rede de conceitos que o estudante precisa consolidar para construir significativamente seus conhecimentos (BARNI, 2010). Esta dificuldade foi o tema da questão 3. Os professores pesquisados apontaram que aprender e ensinar Genética se torna difícil porque os alunos não conseguem interpretar dados, realizar cálculos básicos de probabilidade, abstrair imagens e apresentam concepções errôneas vinculadas, principalmente, pela mídia, além do excesso de conceitos a serem aprendidos. Outros estudos também apontam estas como as principais dificuldades enfrentadas para o ensino e aprendizagem da Genética (LEITE, 2000; AYUSO E BANET, 2002; ALVES e CALDEIRA, 2005; BONZANINI e BASTOS, 2005).

A aprendizagem de Genética também requer altos níveis de conhecimento na taxonomia de Bloom (GRIFFITHS, 2008), a qual é um conjunto de três modelos hierárquicos de classificação de objetivos educacionais nos domínios cognitivo, afetivo e sensorial, de acordo com níveis de complexidade (BLOOM et al., 1956). Em sua versão revisada (ANDERSON e KRATHWOHL, 2001), os três níveis inferiores da taxonomia, no domínio cognitivo, são representados por memorizar, entender e aplicar e os três níveis superiores são representados pela capacidade de analisar, avaliar (julgar com base em critérios e padrões através de checagem e crítica) e criar (juntar elementos para formar um todo coerente ou funcional; reorganizar elementos em um novo padrão ou estrutura). Como os níveis estão estruturados em ordem crescente de complexidade, um aluno precisa dominar as habilidades de um nível antes de adquirir as habilidades de um próximo nível. As dificuldades relatadas pelos professores indicam que muitos estudantes permanecem nos níveis inferiores da taxonomia de Bloom, no que se refere à aprendizagem de Genética.

Investigamos, na questão 4, se os professores costumam utilizar a História da Ciência, no caso a História do desenvolvimento da Genética nas suas aulas. A história da ciência contribui para tornar o ensino das ciências, a nível médio, mais interessante facilitando a aprendizagem (MARTINS, 1998).

Explorar a história do desenvolvimento da Genética é importante porque

É por meio da História das Ciências que vamos conhecer quais foram as questões, perguntas, as dificuldades, os obstáculos epistemológicos que os cientistas tiveram de superar ao construir os conhecimentos que queremos ensinar em sala de aula. (CARVALHO, 2002, p.12).

Os professores responderam que usam este recurso, mas com diferentes objetivos. As respostas mais citadas (cinco professores) foram situar a ciência no contexto histórico-social e como

material de problematização inicial. A abordagem histórica pode ser fator de motivação, tornando as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e o entendimento integrado da matéria científica. É importante que o aluno compreenda que a ciência é realizada por pessoas comuns; percebam que os cientistas cometem erros e identifiquem as condições, econômicas, sociais e culturais onde as descobertas aconteceram.

Por que preciso aprender Genética? Esta pergunta é frequentemente realizada por alunos que têm dificuldade em compreender esta grande área da Biologia. Na questão número 5 buscamos identificar se os professores consideram importante aprender Genética.

Interpretar assuntos da mídia e compreender técnicas de biotecnologia foram os motivos citados por 14 professores. Preparar o aluno para compreender as aplicações da Genética e poder se posicionar frente a assuntos polêmicos foi resposta encontrada, também, na pesquisa de Franzolin (2012). Porém, ao retornarmos à questão número 2 observamos que, entre os conteúdos considerados importantes para a ocorrência da aprendizagem, estes temas são citados por apenas dois professores.

Encontramos neste caso uma contradição: vários professores consideram que os alunos devem conhecer as aplicações da Genética, sendo a Biotecnologia uma delas, mas poucos consideram este tema importante para a aprendizagem. Como considerar importante a aprendizagem de um tema que, inferimos através das respostas, não é frequentemente trabalhado na escola? Uma possibilidade é que em alguns casos as respostas fornecidas pelos professores estejam “ligadas” a conceitos utilizados de forma indiscriminada. Hoje, encontramos o termo biotecnologia nos mais diversos momentos: leitura de jornais e revistas, telejornais e online sendo que, algumas, vezes o conceito é aplicado de forma errônea levando à formação de concepções que dificultam a aprendizagem correta.

Aprender Genética é importante para que os alunos compreendam como suas características se manifestam, como são herdadas, porque os filhos se parecem mais com os pais do que com outras pessoas e compreender a herança de síndromes e doenças (FRANZOLIN e BIZZO, 2012). Para qualquer estudo relacionado aos seres vivos é essencial a compreensão da Genética, pois ela é fundamental para o entendimento de vários aspectos das questões biológicas (GRIFFITHS et al., 2002). Tão grande é sua importância dentro da Biologia, que em 1993 foi dito por um pesquisador que a Genética iria desaparecer como uma ciência separada, porque no século 21 todo biólogo seria um geneticista, visto que tudo na Biologia se tornaria baseado nos genes (BRENNER, 1993).

Ausubel (1980), autor da Teoria da Teoria da Aprendizagem Significativa, descreve em seu trabalho que o conhecimento é organizado de forma hierárquica na estrutura cognitiva do aluno: sempre partindo do macro para o micro, ou seja, do conhecimento mais amplo para o mais específico. Ele sugere que o ensino, de qualquer conteúdo, deve obedecer a certa hierarquia facilitando a aquisição e retenção significativa do conhecimento. Para o aluno desenvolver o conhecimento adequado e significativo com relação à Genética e suas aplicações é necessário que ele apresente, na sua estrutura cognitiva, conceitos subsunçores como ácidos nucleicos, divisão celular e o entendimento da relação gene-cromossomos-DNA.

Na questão 6 investigamos se os professores participantes da pesquisa consideram que existe uma hierarquia de conteúdos. Dos professores participantes, 14 concordaram, um respondeu que não concorda e dois não responderam. Entre as respostas afirmativas identificamos que seis professores têm consciência da necessidade de um conhecimento significativo relacionado a temas trabalhados em anos anteriores, principalmente a relação gene-cromossomos-DNA (citada por cinco professores).

Compreender a tríade gene-cromossomo-DNA é essencial para que o aluno consiga entender a relação da molécula de DNA com a hereditariedade, surgimento de mutações e técnica de biotecnologia (JUSTINA e RIPPEL, 2003). Mas, diferentes trabalhos (PAIVA e MARTINS, 2005; CARDOSO et al., 2010; FRANZOLIN e BIZZO, 2012; TEMP e BARTHOLOMEI-SANTOS, 2013) mostram que os alunos não apresentam conhecimento adequado sobre esta relação. Desta forma, nos

deparamos com um grande problema: como o aluno aprenderá Genética se ele não possui conhecimento básico que o auxilie para a construção do conhecimento? Professores concordam que os conteúdos de Genética e divisão celular, por serem complementares, deveriam ser ensinados no mesmo ano (FRANZOLIN, 2012).

Pesquisas relacionadas à aprendizagem de Genética buscaram reconhecer as concepções apresentadas por alunos e professores nesta área do conhecimento (FRANZOLIN e BIZZO, 2012; GIACIOIA et al., 2014). Os resultados mostram que há dificuldade em compreender, mesmo após o conteúdo ter sido trabalhado, questões como a presença de DNA em todos os seres vivos (WOOD-ROBINSON et al., 1998; LADELFO et al., 2012), a relação de que um cromossomo é uma molécula de DNA (PEDRANCINI et al., 2007; PAIVA e MARTINS, 2005), que células diferentes em um mesmo ser vivo apresentam o mesmo genoma (LEWIS et al., 2000; WILLIAMS et al., 2012), que cromossomos sexuais estão presentes em todas as células (BANET e AYUSO, 1995; BARNI, 2010; WILLIAMS et al., 2012), entre outras. Uma das maiores dificuldades encontradas entre os alunos do Ensino Médio é diferenciar gene de alelo (GERICKE e HARGBERG, 2007). A presença de concepções errôneas é um importante fator que dificulta ou impossibilita a formação de um conhecimento significativo.

Porém,

É inevitável que os estudantes entrem nas nossas aulas com concepções conflitantes, em diferentes contradições com as nossas concepções, mesmo porque a ciência se desenvolve de forma rápida. Estas concepções diferentes em relação às ciências são interessantes porque revelam processos de pensamento e contraste com relação à teoria aceita (BROWN e SALTER, 2010, p. 167).

Tendo em vista a relevância em reconhecer as concepções dos estudantes (PAIVA e MARTINS, 2005; CORAZZA-NUNES et al., 2006), na questão número 7 perguntamos se os professores costumavam conhecer as concepções dos seus alunos. A maior parte dos professores, 11 no total, respondeu que sim, antes de iniciar o conteúdo. O professor P1, por exemplo, pede uma descrição da família e o conhecimento dos alunos sobre temas como DNA, genoma. Este professor busca verificar se conceitos subsunçores são conhecidos. Já o P10 utiliza artigos sobre biotecnologia enquanto P13 relata realizar uma conversa informal.

Apenas P12 respondeu que busca reconhecer as concepções para identificar lacunas conceituais e trabalhar em cima delas buscando a transformação do conhecimento. Esta atitude do professor é mencionada por Silva e Silva (2012) quando explicam que se os alunos, após terem estudado o conteúdo, tiverem espaço para avaliar suas concepções iniciais podem tomar consciência das mudanças ocorridas em seus conceitos ao longo do processo de aprendizagem.

O aluno ao confrontar as concepções antigas

(...) tem pela frente um novo corpo de informações e consegue fazer conexões entre esse material que lhe é apresentado e o seu conhecimento prévio em assuntos correlatos, estará construindo significados pessoais para essa informação, transformando-a em conhecimento, em significados. (TAVARES, 2008, p. 101).

Reconhecer as concepções é importante. Porém, o professor deve trabalhar concepções inadequadas para que o aluno troque-a por um conhecimento correto. É papel do professor criar situações onde o aluno se torne insatisfeito com sua concepção atual e deseje o conhecimento mais coerente (ROMANELLI, 1996).

A última questão teve como tema quais conhecimentos relacionados à Genética os estudantes devem apresentar após um ano do conteúdo ser estudado. Este espaço de um ano foi escolhido, pois, segundo Ausubel et al. (1980) podemos considerar que um aprendizado foi significativo após um tempo mais longo, mais ou menos um ano.

As respostas foram bem variadas. Entretanto, algumas foram mais expressivas. Em relação aos conceitos - gene, herança, cromossomos - 11 professores citaram que os alunos deveriam

apresentar este conhecimento. A tríade gene-cromossomo-DNA foi citada por três professores enquanto as relações da Genética com os processos de mitose e meiose não foram citados. De forma contrária, professores de São Paulo citaram que meiose é um conteúdo de relevância para os estudantes (FRANZOLIN e BIZZO, 2012).

Compreender os processos de divisão celular auxilia no entendimento de diversos fatores como variabilidade genética, nascimento de indivíduos com características diferentes dos pais, diferença entre gêmeos monozigóticos e dizigóticos, surgimento de câncer, entre tantos outros assuntos. Espera-se que o aluno entenda a relação entre divisão celular e Genética ao invés de decorar frases e conceitos (JUSTINA e BARRADAS, 2003), pois o professor não deve propor um problema onde o aluno exercite, apenas, a habilidade de decorar e aplicar fórmulas (MOREIRA, 2011).

Ayuso e Banet (2002) enfatizam que os alunos devem compreender que a herança genética está localizada nos cromossomos, dentro da célula, a participação do processo de mitose e meiose na transmissão das características hereditárias de célula a célula e de um indivíduo para outro. Aspectos relacionados à herança, ao material genético, a sua dinâmica de transmissão, interações e alterações são considerados importantes dentro do conhecimento de Genética (BARNI, 2010).

A aprendizagem significativa em Genética vai além da memorização de conceitos. Os alunos devem compreender as relações existentes e saber aplicar o conhecimento em situações reais.

Considerações finais

A Genética, uma grande e importante área da Biologia, está alicerçada em conceitos subsunçores encontrados em diferentes conteúdos e disciplinas. Os professores que participaram desta pesquisa, em sua maioria, apresentam uma visão de aprendizagem de Genética na qual os alunos deveriam ser capazes de não apenas memorizar conceitos e princípios, mas também de aplicá-los em situações reais.

Para que a aprendizagem em Genética seja significativa os alunos precisam ter conhecimento de conteúdos estudados em anos anteriores, principalmente a relação gene-cromossomo-DNA, mitose e meiose, além dos conceitos de Genética básica, leis relacionadas à herança e probabilidade. Assim, percebemos que há o entendimento de que o aprendizado de conceitos subsunçores é essencial para a compreensão de Genética.

Os professores consideram que o ensino de Genética é difícil devido ao excesso de terminologia e a relação com diferentes conteúdos e disciplinas o que requer, do aluno, a habilidade de correlação e a capacidade de abstrair conceitos para compreender reações celulares e relações entre diferentes conteúdos e disciplinas. Por outro lado, os participantes da pesquisa, de forma geral, consideram que os conceitos são necessários para que o ensino e aprendizagem de Genética sejam significativos. Assim, identificamos que os “conceitos” são necessários, mas se tornam fatores de dificuldade na compreensão do conteúdo. A utilização de metodologias diferenciais pelos professores torna-se necessária para facilitar a aprendizagem destes conceitos.

A maioria dos professores pesquisados utiliza a história da Genética em sala de aula como forma de contextualizar o conteúdo e situar o aluno no contexto histórico onde as descobertas aconteceram. Esta constatação mostra que os professores buscam utilizar recursos que facilitem a aprendizagem e motivem os alunos.

Os professores consideram que aprender Genética é importante porque capacita os alunos a interagirem na sociedade e a compreender, principalmente, a relação do DNA com o fenótipo, a transmissão das características hereditárias e o surgimento de síndromes e da variabilidade. Embora os professores pesquisados, em sua maioria, relacionem a aprendizagem de Genética a sua aplicação às situações reais no cotidiano, apenas dois participantes citaram que temas relacionados às aplicações da Genética são necessários para a aprendizagem. É possível que esta contradição esteja

relacionada a dois fatores: 1) os professores consideram que os conteúdos relacionados às aplicações da Genética são importantes, mas o tempo escasso e os conteúdos previstos no currículo não são compatíveis; 2) os professores não se sentem preparados para a abordagem destes temas.

Para que temas relevantes ligados às aplicações da Genética sejam explorados na escola os professores precisam estar preparados para responder as dúvidas dos alunos e, principalmente, apresentar os temas isentos de concepções pessoais de forma que auxiliem para a alfabetização científica. A participação em cursos de atualização, a leitura de artigos e a busca por metodologias adequadas são fatores que auxiliam para a transposição didática destes temas.

As concepções, veiculadas pela mídia e por conversas informais, são fatores que dificultam a aprendizagem correta dos conteúdos trabalhados. Nesta pesquisa identificamos que os professores buscam reconhecer as concepções dos seus alunos, porém os objetivos são diferentes. Entre os 17 professores pesquisados, apenas um relatou que verifica as concepções dos alunos com o objetivo de identificar possíveis erros conceituais e trabalhar estas concepções para que ocorra a reconstrução do conhecimento.

Atividades como oficinas e cursos, nas quais os professores sejam apresentados a metodologias que facilitem a alfabetização científica e a aprendizagem de Genética dos alunos, podem ajuda-los na tarefa de explorar, de forma científica, questões polêmicas discutidas na mídia e no contexto escolar.

Referências

ALVES, Sandra. Bevilaqua; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Biologia e ética: um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do ensino médio frente ao tema genoma/ DNA. **Ensaio**. v. 7, n. 1, 2005.

ANDERSON, Lorin.; KRATHWOHL, David. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. Allyn and Bacon, 2001.

AUSUBEL, David Paul. **Psicologia educacional**. Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda., 1980.

AYUSO, George; BANET, Enrique. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BARNI, Graziela dos Santos. A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC). 2010. Dissertação de Mestrado em Ciências Naturais e Matemática: **Universidade Regional de Blumenau, FURB, Blumenau**, 2010.

BLOOM, Benjamin.; ENGELHART, M. D.; FURST, E. J.; HILL, W. H.; KRATHWOHL, David. **Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain**. New York: David McKay Company, 1956.

BONZANINI, Tatyani Karita.; BASTOS, Fernando. Concepções de alunos do ensino médio sobre clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma humano. IN: **Atas do V ENPEC**, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC: SEMTEC, 2002.

BRENNER, S. Thoughts on genetics at the fin the siècle. **Trends in Genetics**, 9(4): 104, 1993.

BROWN, Simon.; SALTER, Susan. Analogies in science and science teaching. **Adv. Physiol Educ**. v. 34, p. 167-169, 2010.

CARDOSO, Maria Carolina Lima; CARDOSO, Tiago Augusto Lima; SILVA, Maria de Lurdes Souza. Proposta de atividade lúdica para a aprendizagem de conceitos em genética. **Revista Didática Sistemática**, v. 12, p. 148, 2010.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Em Aberto**. Ano 11, n. 55, p. 8-16, 2002.

CORAZZA-NUNES, Maria Júlia; PEDRANCINI, Vanessa Daiana; GALUCH, Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lúcia Olivos Rosa; RIBEIRO, Alessandra Cláudia. Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 5, n.3, p. 522-532, 2006.

DEBOER, G.E. Scientific Literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Education**, v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000.

FRANZOLIN, Fernanda. Conhecimentos básicos de Genética segundo professores e docentes e sua apresentação em livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos, 2012. Tese de Doutorado. Pós Graduação em Educação. **USP**, São Paulo, 2012.

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

GERICKE, N.M.; HAGBERG, M.; SANTOS, V.C. dos; JOAQUIM, L.M.; EL-HANI, C. N. Conceptual variants or incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. **Sci & Edu**. v. 23, p. 381-416, 2012.

GIACOIA, Luciano Rogério Destro; BORTOLOZZI, Jehud; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Concluintes do ensino médio e o conhecimento de genética. **Rev. Cereus**. v. 6, n.1, p. 157-174, 2014.

GRIFFITHS, Anthony. Why do students find genetics so difficult to learn? **XX International Congress of Genetics**, Berlin, Germany. 2008. Disponível em http://www.sciencebridge.net/uploads/akt-ver-attachments/Griffiths_icg_08.pdf. Acesso em Fevereiro de 2018.

GRIFFITHS Antony, GELBART William, MILLER Jeffrey., LEWONTIN Richard. **Genética Moderna**. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2002.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della.; RIPPEL, Jorge Luiz. Ensino de genética: representações da ciência da hereditariedade no nível médio. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru, 2003.

KIM, S. Y.; IRVING, K. E. History of science as an instructional context: student learning in genetics and nature of science. **Sci & Edu**. n.17, p. 187-215, 2010.

KLAUTAU-GUIMARÃES, N.; AURORA, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H. CORREIA, A. Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **VIII Congresso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias**. Barcelona, 2008.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: Harper e Row do Brasil Ltda, 1986.

LADELFO, J.; LISBOA, C.P.; PIZZATO, M.C. Pesquisa e análise das concepções prévias de alunos do ensino médio sobre o tema material genético. **13a Mostra de Pesquisa, ensino e extensão Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2012.

LEITE, Marcelo. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. **São Paulo em Perspectiva**, v. 3, p. 40-46, 2000.

LEWIS, J., LEACH, J.; WOOD-ROBINSON. What's in a cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. **Journal of Biological Education**. n. 34, p. 129-132, 2000.

MARTINS, Lilian All-Puery Pereira. A história da ciência e o ensino de biologia. **Ciência e Ensino**. n. 5, 1998.

MOREIRA, Marco Antônio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas. **Aprendizagem Significativa em revista**. v. 1, n. 2, p. 43- 63, 2011.

PAIVA, Anna Luiza Bittencourt; MARTINS, Carmem Maria de Carmo. 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, 2005.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana; CORAZZA-NUNES, Maria Júlia; GALUCH, Maria Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lúcia Olivos Rosa; RIBEIRO, Alessandra Cláudia. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

ROMANELLI, Lilavatz Izapovtz. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem. **Química Nova na Escola**. n. 3, p. 27-31, 1996.

RUTHEFORD, James; AHLGREN, Andrew. **Science for all Americans**. Oxford University Press, 272p. 1991.

SACRISTÁN, Jimeno; GOMES, Perez. **Comprender y transformar la enseñanza**. 5ª ed. Morata, 1996.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16, n.1, p.59-77, 2011.

SILVA, M. A.; SILVA, D. dos S. Concepções de alunos do curso de ciências biológicas da UFPB sobre temas relacionados à bioética. **VI Colóquio Internacional: Educação e Contemporaneidade**. São Cristóvão: SE, 2012.

TAVARES, Romero. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Ciências & Cognição**. v. 13, n.2, p. 99-108, 2008.

TEMP, Daiana Sonogo; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvoat. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Electrónica de Investigación em Educação em Ciências**. v. 8, n.2., p. 13-20, 2013.

UNESCO. **Ciência e tecnologia com criatividade: análises e resultados**. Brasília: Cnpq, 2004.

WILLIAMS, M.; MONTGOMERY, B. L.; MANOKORE, V. From phenotype to genotype: exploring middle school students' understanding of genetic inheritance in a web-based environment. **The American Biology Teacher**. v. 74, n.1, p. 35-40, 2012.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, R.; DRIVER, R. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 1, p. 43-61, 1998.

Disponível em <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/83234/108217>. Acesso em 11 de fevereiro de 2018.

ZATZ, Mayana. **Genética: a escolha que nossos avós não faziam**. São Paulo: Globo, 2012.