

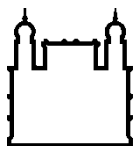
**MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO OSWALDO CRUZ**

Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde

**ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS COMO PROPOSTA AO ENSINO DA
GENÉTICA E DE SEUS CONTEÚDOS ESTRUTURANTES**

CRISTIANNI ANTUNES LEAL

Rio de Janeiro
Dezembro de 2017



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde
Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde

Cristianni Antunes Leal

Estratégias didáticas como proposta para o ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes

Tese apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Área de concentração: Ensino e Aprendizagem em Biociências e Saúde.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles

RIO DE JANEIRO

Dezembro de 2017

Leal, Cristianni Antunes .

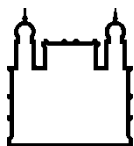
Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes / Cristianni Antunes Leal. - Rio de Janeiro, 2017.
305 f.; il.

Tese (Doutorado) - Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, 2017.

Orientadora: Rosane Moreira Silva de Meirelles.

Bibliografia: f. 216-228

1. Didática. 2. Ensino de Ciências. 3. Ensino de Genética. 4. Ensino Médio. 5. Estratégias Didáticas. I. Título.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde

CRISTIANNI ANTUNES LEAL

**ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS COMO PROPOSTA AO ENSINO DA GENÉTICA E DE SEUS
CONTEÚDOS ESTRUTURANTES**

ORIENTADORA: Prof.^a Dr^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles

Aprovada em: 20/12/2017

EXAMINADORES:

Prof.^a Dr^a. Lucia Rodriguez de La Rocque – FIOCRUZ/IOC/PG-EBS (Presidente)

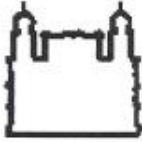
Prof.^a Dr^a. Maylta Brandão dos Anjos – IFRJ, campi Mesquita (Membro externo)

Prof.^a Dr^a. Cristiane Pereira Ferreira – IFRJ, campi Rio de Janeiro (Membro externo)

Prof. Dr. Marcelo Diniz M. de Barros - FIOCRUZ/IOC/PG-EBS (revisor e suplente interno)

Prof. Dr. Marcelo Aguiar Costa Lima – UERJ/IBRAG (suplente externo)

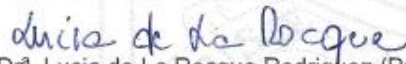
Rio de Janeiro, 20 de dezembro de 2017.




Ministério da Saúde

Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz

Ata da defesa de tese de doutorado em Ensino em Biociências e Saúde de **Cristianni Antunes Leal**, sob orientação da Dr^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles. Ao vigésimo dia do mês de dezembro de dois mil e dezessete, realizou-se às nove horas e trinta minutos, no Auditório Emmanuel Dias/FIOCRUZ, o exame da tese de doutorado intitulada: **“Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes”** No programa de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências - área de concentração: Ensino Formal em Biociências e Saúde, na linha de pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Biociências e Saúde (F). A banca examinadora foi constituída pelos Professores: Dr^a. Lucia de La Rocque Rodriguez - IOC/FIOCRUZ (Presidente), Dr^a. Maylta Brandão dos Anjos - IFRJ/RJ, Dr^a. Cristiane Pereira Ferreira - IFRJ/RJ e como suplentes: Dr. Marcelo Diniz Monteiro de Barros – PUC-MG/MG e Dr. Marcelo Aguiar Costa Lima – UERJ/RJ. Após arguir a candidata e considerando que a mesma demonstrou capacidade no trato do tema escolhido e sistematização da apresentação dos dados, a banca examinadora pronunciou-se pela aprovação da defesa da tese de doutorado. De acordo com o regulamento do Curso de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz, a outorga do título de Doutora em Ciências está condicionada à emissão de documento comprobatório de conclusão do curso. Uma vez encerrado o exame, a Coordenadora do Programa, Dr^a. Lucia de La Rocque Rodriguez, assinou a presente ata tomando ciência da decisão dos membros da banca examinadora. Rio de Janeiro, 20 de dezembro de 2017.


Dr^a. Lucia de La Rocque Rodriguez (Presidente da Banca e Coordenadora do Programa):


Dr^a. Maylta Brandão dos Anjos (Membro da Banca):


Dr^a. Cristiane Pereira Ferreira (Membro da Banca):

A todos os estudantes que passaram,
passam e passarão por mim. Vocês me
tornam professora!

Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua onisciência, onipotência e onipresença, foram tantos os percalços, que não acreditei que chegaria até aqui! Gratidão!

À minha mãe, Luzia Leal, por todo o apoio, infraestrutura e paciência que me deu. Minha família pela constante ajuda. Amo vocês!

Ao professor Júlio Vianna Barbosa, sem você não chegaria aqui, agradeço a oportunidade.

À Giselle Rôças que foi minha orientadora no mestrado e foi meu porto seguro no doutorado, muito obrigada por toda a assistência dada e por nunca ter me negado ajuda, mesmo com as suas demandas.

À Rosane Meirelles que deu um mergulho no escuro, mas não recuou diante do desafio que foi proposto. Muito obrigada pela orientação, companheirismo e confiança no trabalho. Espero que nossa relação continue próspera.

À Lucia de La Rocque pelo aceite em participar da minha banca e por ter me defendido em um momento tão tenso do meu trajeto acadêmico.

Aos professores da banca: Dr^a. Cristiane Ferreira e Dr^a. Maylta Anjos, agradeço pelo aceite e pelas contribuições. Ao Dr^o Marcelo Barros pelo aceite e zelo como revisor.

Aos professores do PG-EBS; cada um contribuiu de alguma forma para a construção desta Tese.

Obrigada aos professores Marco Antonio Ferreira da Costa (Fiocruz), Helena Amaral da Fontoura (UERJ/FFP) e Valéria da Silva Vieira (IFRJ) por terem ricamente participado do meu seminário discente e qualificação.

Ao Isac Macêdo, por seu profissionalismo diante de tantas angustias estudantis, obrigada pela paciência.

Aos amigos e colegas conquistados no trajeto acadêmico, em especial: Sheila Santos, Rita Machado, Ana Paula Cavalcante, Jeimis Castro, Aimi Tanikawa, Neusa Martins; vocês se tornaram um bálsamo no trajeto.

Às amadas que o mestrado me deu: Vânia Oliveira e Renata Dionysio (IFRJ, turma de 2011); obrigada meninas, pelos nossos cafés!

A direção dos dois colégios onde leciono: o Colégio Alda, obrigada Marcos Oliveira e Luciana Branco (*in memoriam*); e o CIEP 035 Marechal Henrique Teixeira Lott, obrigada Elisangela Moraes. Sei que dei trabalho para vocês dois!

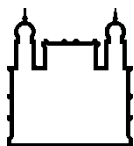
Aos meus colegas professores do Colégio Alda e do CIEP 035... obrigada por ouvirem meus desabaços, pelas trocas, confidências e muitos momentos alegres compartilhados.

Aos estudantes das turmas 1008 e 1009 do Colégio Alda do ano de 2015, não conseguiria sem vocês.

Gratidão!

Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.

Fernando Pessoa



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes

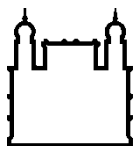
LEAL, C.A. **Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes**. 2017. 305f. Tese. Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ensino em Biociências e Saúde (PG-EBS), Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Campus: Manguinhos. Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles. Rio de Janeiro, 2017.

RESUMO

TESE DE DOUTORADO EM ENSINO EM BIOCIÊNCIAS E SAÚDE

O ensino de genética e seus conteúdos estruturantes têm sido um desafio para o processo de ensino e aprendizagem, em particular no ensino médio. Esta tese, que se caracteriza como um estudo de caso objetivou analisar a importância do uso de estratégias didáticas no ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes na escola. Para tal, foram empregadas atividades relacionadas ao ensino de genética com 38 estudantes de uma escola pública estadual ao longo dos 03 anos de curso no ensino médio. Foram utilizados caderno de campo e questionários para se conhecer suas concepções prévias. Como instrumento metodológico foi escolhida a Análise de conteúdo de onde categorias emergiram e como referencial teórico o conceito de autoapoiese de Humberto Maturana, que estimula o protagonismo na autoconstrução do conhecimento. Os jovens participaram usando as estratégias e no final produziram materiais didáticos; os professores do colégio avaliaram estes materiais em um evento realizado na escola. Os resultados apontam primeiramente que os estudantes em 2015, que eram das turmas do primeiro ano do ensino médio, mostraram desconhecer a temática abordada. Contudo, com a vivência das estratégias e desenvolvimento dos jovens junto com uma maior compreensão da Biologia, os conhecimentos sobre os conteúdos estruturantes e a genética foram promovidos no ambiente escolar. Os professores avaliadores da última estratégia didática perceberam que os materiais didáticos produzidos pelos jovens são fomentadores de conhecimento científico. Já em 2017, os mesmos estudantes, agora do terceiro ano do ensino médio, responderam um novo questionário. Os resultados apontaram alterações positivas que podem ter sido causadas pela vivência das estratégias, e/ou pelo desenvolvimento dos jovens estudantes diante dos anos escolares, portanto como indícios de aprendizagem. Como proposição futura foi elaborada uma sequência didática destacando as estratégias utilizadas no decorrer da coleta de dados. Conclui-se assim que as estratégias são uma proposta real ao ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes possíveis de serem problematizadas e ressignificadas em outras realidades, e que cooperam para o ensino destes conteúdos.

PALAVRAS-CHAVE: Didática; Ensino de Ciências; Ensino de Genética; Ensino Médio; Estratégias Didáticas.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

DIDACTIC STRATEGIES AS A PROPOSAL FOR THE TEACHING OF GENETICS AND ITS STRUCTURING CONTENTS

ABSTRACT

THESIS IN BIOSCIENCE AND HEALTH TEACHING

Cristianni Antunes Leal

The teaching of genetics and its structuring contents has been a challenge for the teaching and learning process, particularly in high school. This thesis, which is characterized as a case study, aimed to analyze the importance of the use of didactic strategies in the teaching of genetics and its structuring contents in school. In this context, activities related to the teaching of genetics were carried out with 38 students from a public state school during the 03 years of high school. Field notes and questionnaires were used in order to understand their previous conceptions. A content analysis was chosen as a methodological instrument, from where categories emerged, and the autopoiesis concept by Humberto Maturana was applied as the theoretical reference, which stimulates protagonism in the knowledge self-construction. The students participated using strategies and, at the end, produced didactic materials, which were then evaluated by the schoolteachers at an event held at the school. The results first point out that students belonging to the first year of high school, in 2015, demonstrated no understanding of the subject. However, after student development and experiencing the strategies, alongside a greater understanding of biology, knowledge on genetics and structuring contents were promoted in the school environment. The teachers evaluating the last didactic strategy observed that the didactic materials produced by the students are fomenters of scientific knowledge. In 2017, the same students, now in the third year of high school, answered a new questionnaire. The results point to positive changes that may have been caused due to experiencing the strategies, and/or student development during school years, thus considered as signs of learning. As a future proposal, a didactic sequence was developed highlighting the strategies applied during the data collection. It can be concluded that the applied strategies are a genuine proposal for the teaching of genetics and its structuring contents, that can be problematized and re-signified in other realities, and that they cooperate in the teaching of these contents.

KEYWORDS: Didactics; Science teaching; Genetics Teaching; High school; Didactic Strategies.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 INTERLOCUÇÕES TEÓRICAS.....	23
2.1 Marco teórico: Contribuições da autopoiese	23
2.2 História da genética mendeliana e seu mito fundador	28
2.3 Ensino e aprendizagem da Biologia.....	48
2.4 Ensino e aprendizagem da genética mendeliana.....	53
2.4.1 <i>A história da genética na educação básica brasileira e os docentes.....</i>	<i>66</i>
2.5 Estratégias didáticas.....	81
3 PERCURSO METODOLÓGICO: ONDE? QUEM? COMO?	93
3.1 O <i>status quo</i> do ensino médio na SEEDUC-RJ	93
3.2 Ambiência da pesquisa. Onde?.....	97
3.2.1 <i>O ano letivo da SEEDUC-RJ em 2016: um ano de greve e singular.....</i>	<i>103</i>
3.2.2 <i>Os participantes do estudo. Quem?.....</i>	<i>105</i>
3.2.3 <i>Desenho metodológico. Como?.....</i>	<i>107</i>
3.3 Instrumento metodológico: a Análise de Conteúdo	110
3.4 Ações com os participantes: as estratégias didáticas em 2015	114
3.5 O reencontro com vinte estudantes em 2017.....	126
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	128
4.1 Conversa em torno do Currículo Mínimo da SEEDUC-RJ	128
4.2 Concepções prévias dos estudantes do primeiro ano do EM.....	132
4.3 Concepções prévias: primeiro questionário do terceiro ano do EM	144
4.4 Segundo questionário do terceiro ano do EM.....	161
4.5 O que fica das categorias de 2015	162
4.6 As estratégias didáticas realizadas com turmas do primeiro ano.....	167
4.7 Questionários dos professores avaliadores da FMD.....	174
4.8 O encontro de 2017 com estudantes do terceiro ano.....	181
4.9 Alinhavando as coletas de dados de 2015 e 2017.....	206
5 NOSSA PROPOSIÇÃO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	208
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	210

REFERÊNCIAS.....	216
APÊNDICES.....	229
ANEXOS.....	238
NOSSA PROPOSTA DIDÁTICA	243

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	O ser e o fazer inseparáveis em uma unidade autopoietica	24
Figura 2.4	Os conteúdos estruturantes e intradisciplinares para apreender genética assumidos neste estudo	64
Figura 3.2.1	Mapas do município de Magé, onde a pesquisa foi realizada	97
Figura 3.2.2	Espaço físico do Colégio Alda	99
Figura 3.2.2.1	Imagens das salas de aula do Alda e participantes do estudo de caso	105
Figura 3.2.3	Desenho metodológico da pesquisa no Colégio Alda	109
Figura 3.3	Etapas da Análise de Conteúdo qualitativa desta pesquisa	113
Figura 3.4.1	Atividade “Origami” realizada pelos estudantes	115
Figura 3.4.2	Painel de células confeccionado pelos estudantes do primeiro ano do EM	116
Figura 3.4.3	Estudantes interpretando a Música “ácidos nucleicos”	117
Figura 3.4.4	Extração do DNA da cebola realizada pelos estudantes do primeiro ano do EM	117
Figura 3.4.5	Etapas da extração do DNA da cebola realizada pelos estudantes do primeiro ano do EM	119
Figura 3.4.6	Estudantes participando da atividade “Quadrilha da mitose”	120
Figura 3.4.7	Apresentação de Seminários baseados em artigos da RGE	121
Figura 3.4.8	Estudantes assistido ao filme Gattaca	122
Figura 3.4.9	Vídeos elaborados pelos estudantes com o uso do <i>Movie maker</i> e publicados no canal do <i>YouTube</i>	123
Figura 3.4.10	Sequência de imagens mostrando as atividades realizadas na Feira de Material Didático	125
Figura 3.5	Encontro de 2017 com estudantes do terceiro ano do EM para coleta de dados	127
Figura 4.1	Representação da tríade controlada pelo Currículo Mínimo	130
Figura 4.5	As categorias marcantes de 2015	164
Figura 4.8.1	Nuvem de palavras sobre o tema genética coletado entre estudantes do terceiro ano do EM de 2017	204

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.2.1	As cinco grandes áreas da genética	47
Quadro 2.4.1	Cronologia das disciplinas escolares Ciências e Biologia em concomitância com os eventos na sociedade	72
Quadro 2.5	A polissemia das estratégias didáticas	84
Quadro 3.2.1	Distribuição das disciplinas e da carga horária do EM da SEEDUC-RJ do período diurno no ensino regular em 2017	99
Quadro 3.2.2	Quantidade de turmas do EM, no período diurno do Colégio Alda	100
Quadro 3.2.3	Professores de Ciências e Biologia do Colégio Alda	102
Quadro 3.2.2.2	Turmas pesquisadas em 2014, 2015 e 2017	107
Quadro 4.2.1	Categorias elencadas sobre a localização do DNA	133
Quadro 4.2.2	Respostas dos estudantes informando o que é célula	136
Quadro 4.2.3	Respostas dos estudantes informando os locais do corpo dos seres vivos que possuem células	137
Quadro 4.2.4	Ideias que os estudantes possuem acerca do termo genética	139
Quadro 4.2.5	Percepções, pelos estudantes, de como ocorre à transmissão das características de pais para filhos	143
Quadro 4.3.1	Registro dos estudantes dos locais em que existe DNA	147
Quadro 4.3.2	Percepção dos estudantes na associação entre o DNA e a genética	149
Quadro 4.3.3	Conceitos de células informados pelos estudantes sujeitos da pesquisa	150
Quadro 4.3.4	Registro dos estudantes contendo as informações de quais locais dos corpos dos seres possuem células	152
Quadro 4.3.5	Locais em que o estudante identifica a genética em seu corpo	154
Quadro 4.3.6	O termo genética	156
Quadro 4.3.7	Registros feitos pelos estudantes informando onde está a genética e onde se encontra na Biologia	159
Quadro 4.6	Categorias das estratégias didáticas	173
Quadro 4.7.1	Os professores avaliadores da FMD	175
Quadro 4.7.2	Os termos científicos da Biologia e a apropriação dos mesmos pelos estudantes	175
Quadro 4.7.3	Eficácia para o ensino do material didático na FMD	176
Quadro 4.7.4	Opinião dos docentes acerca da FMD	178
Quadro 4.7.5	A FMD de forma interdisciplinar: a visão dos professores	179

Quadro 4.7.6.	Avaliação da FMD pelos professores avaliadores	180
Quadro 4.8.1	Percepção acerca do Origami como estratégia de ensino	183
Quadro 4.8.2	Percepção do painel de células como estratégia de ensino	184
Quadro 4.8.3	Percepção da música ácidos nucleicos como estratégia de ensino	185
Quadro 4.8.4	Informações sobre a estratégia didática extração do DNA da cebola	185
Quadro 4.8.5	Registros sobre a estratégia didática quadrilha da mitose	186
Quadro 4.8.6	Registros acerca da estratégia didática seminário da RGE	187
Quadro 4.8.7	Registro do filme Gattaca como estratégia de ensino	188
Quadro 4.8.8	Percepção dos vídeos do <i>Movie Maker</i> como estratégias de ensino	190
Quadro 4.8.9	Registros da FMD como estratégia de ensino	191
Quadro 4.8.10	O que ficou dos nove encontros em que foram empregadas estratégias de ensino	192
Quadro 4.8.11	O que gostaria de ter tido aula por meio das estratégias de ensino?	193
Quadro 4.8.12	Onde fica o DNA nos seres vivos?	197
Quadro 4.8.13	O que é célula	198
Quadro 4.8.14	Onde há célula	199
Quadro 4.8.15	A palavra genética em sua mente	200
Quadro 4.8.16	Em sua opinião quem foi Gregor Mendel	200
Quadro 4.8.17	Por que os filhos se parecem com os pais?	201
Quadro 4.8.18	Qual o local para aprender genética	202
Quadro 4.8.19	Quem deve ensinar genética	203
Quadro 05	Resumo das atividades da sequência didática	209

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	Análise de Conteúdo
BSCS	<i>Biological Sciences Curriculum Study</i>
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
CM	Currículo Mínimo
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EUA	Estados Unidos da América
F ₁	Primeira geração híbrida ou geração F ₁
F ₂	Segunda geração híbrida ou geração F ₂
FMD	Feira de Material Didático
GIDE	Gestão Integrada Escolar
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDERJ	Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado do Rio de Janeiro
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
P	Geração parental
PNL D	Programa Nacional de Livro Didático
RGE	Revista Genética na Escola
RNA	Ácido ribonucleico
SAERJ	Sistema de Avaliação da Educação do Estado do Rio de Janeiro
SAERJinho	Sistema de Avaliação Bimestral
SBG	Sociedade Brasileira de Genética
SEEDUC-RJ	Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro
TCH	Teoria Cromossômica da Herança
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UC	Unidade de Contexto
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UR	Unidade de Registro
USP	Universidade de São Paulo

APRESENTAÇÃO

Sou professora da educação básica de Ciências e Biologia na Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ), formada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e mestre em Ensino de Ciências pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Ingressei no doutorado em março de 2014, e aliado ao meu interesse por biologia celular e genética, tive a oportunidade de lecionar durante três anos a disciplina Biologia para o terceiro ano do ensino médio (EM), percebendo ali um terreno fértil para a pesquisa em ensino de genética.

Nesta pesquisa foi considerado que o ácido desoxirribonucleico (DNA) age como um elemento central e unificador no estudo da genética, e a genética é vista como unificadora dos conhecimentos de toda a Biologia. Por isso, a inserção dos conteúdos estruturantes como aportes para a compreensão da genética.

O esforço para desenvolver esta tese foi árduo uma vez que por não ter conseguido tirar a licença e nem ser bolsista na Fiocruz, precisei conciliar os créditos e duas matrículas como docente na SEEDUC-RJ, sendo uma no município de Magé-RJ (desde 2006) e outra no município de Duque de Caxias-RJ (desde 2009).

Assim, este projeto de pesquisa ocorreu no colégio de Magé-RJ, nas turmas em que lecionei a disciplina Biologia, enquadrando-me no perfil de professora-pesquisadora da minha própria prática docente e com coleta de dados nas turmas que lecionei. O que inicialmente pareceu um bônus tornou-se um complicador para o desenvolvimento do projeto por questões de logística, períodos sem aula por questões de greve, paralisações, falta de pagamento dos funcionários, entre outros fatores. Mesmo com este panorama pouco acolhedor, os estudantes foram estimulados a assumir um papel protagonista nas atividades e não, passivos diante do objeto a ser estudado. Apesar dos contratemplos e desafios, o projeto para a promoção do ensino de genética e seus conteúdos estruturantes seguiu avançando.

A jornada foi desafiadora...

1 INTRODUÇÃO

Viver é desenhar sem borracha.

Millôr Fernandes

A temática genética é um componente curricular importante para os estudantes do ensino médio (EM) na disciplina Biologia, uma vez que envolve a discussão de conceitos relativos à vida, reprodução e biotecnologia. Entretanto alguns autores relatam que são baixos os índices de aprovação e entendimento da escolarização da genética, e provavelmente isto seja o reflexo de seu ensino ainda livresco e abstrato, juntamente com a restrição à memorização de conteúdos, por vezes fragmentados e dissociados da vida cotidiana, como por exemplo, na apresentação do conteúdo relacionado “às ervilhas de Mendel” (AYUSO; BANET, 2002; WILLIAMS et al., 2012; VESTENA; LORETO; SEPEL, 2015; GOBORA; VINHOLI Jr., 2016; REIS; SILVA; BORGES, 2016).

Os vocábulos específicos da genética também se revelam em uma dificuldade para aprender, já que nem todos compreendem as terminologias, requisitando que os estudantes sejam “alfabetizados em genética¹” (KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005 – tradução livre). Aprender genética e seus conteúdos estruturantes na educação básica pode servir para a apropriação e utilização do conhecimento científico em outros espaços, que não apenas um conteúdo escolar, uma vez que genética afeta tudo sobre todo ser vivo no planeta Terra (MAYR, 1998), constituindo-se em parte significativa da educação científica.

Os pesquisadores Gunel; Hand e McDermott (2009) afirmam que há a existência de diferentes linguagens nas aulas de Ciências, havendo, ao menos duas delas: a linguagem materna e a linguagem científica, os autores discutem que sem a transposição didática², dificilmente haverá a apreensão dos termos científicos necessários para compreender a Ciência (e a genética), e, logo a progressão dos estudos, fazendo com que o discurso das Ciências fique apenas no espaço escolar. Há uma consciência da dificuldade do uso dos termos científicos na educação. Para Maturana e Varela (2011) a linguagem ainda permanece superficial e rudimentar quando se trata das Ciências, e particularmente da genética e de seus conteúdos estruturantes, como se observou neste estudo de caso (como esta pesquisa se identifica).

¹ A expressão “alfabetização genética” (ou “letramento genético”) é utilizada no estudo de Knippels; Waarlo e Boersma (2005). Portanto, foi importada e usada em tradução livre. O original é: “*genetic literacy*” (p. 108).

² De acordo com Almeida (2011), transposição didática é a ação de ensinar aquilo que é elaborado nos espaços puramente científicos, estes ao passarem pelo processo de ensino sofrem transformações que o tornam apto para ser ensinado ao público em questão, logo é aquilo que é desenvolvido nos ambientes estritamente educativos, mas vindos do espaço científico.

Ainda sobre a linguagem científica, o desafio é relacionar os termos entre si em um padrão complexo e contextual. Em conteúdos de genética, os termos não são separados uns dos outros, nem é possível defini-los de forma isolada. Deste modo, a terminologia científica é uma das principais características que podem contribuir para as dificuldades dos estudantes uma vez que seu significado precisa ser construído aos poucos (THÖRNE; GERICKE; HAGBERG, 2013).

Ao analisar os livros didáticos de Biologia aprovados no Programa Nacional de Livros Didáticos (PNLD) de 2015 (triênio 2015-2017), foi possível observar que as nove coleções aprovadas apresentaram um vocabulário abundante, em termos de conteúdos e específico, ou seja, são exclusivos da ciência da hereditariedade para os estudantes do ensino médio. Analisando especificamente o termo “genética”, nota-se que a mesma engloba uma série de ligações com novos termos e novas definições, que, se não forem adequadamente discutidos, passam despercebidos pelos estudantes. O desafio apontado se refere às estratégias de ensino, na maioria, ainda unicamente expositivas e usando os conteúdos expostos nos livros didáticos que têm se mostrado, na maioria das vezes, ineficazes para a apreensão da genética e apropriação e utilização do conhecimento científico (AYUSO; BANET, 2002; BRASIL, 2014; LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2016).

Deste modo, um currículo escolar engessado se torna um entrave para a aprendizagem da genética, pois o docente acaba reproduzindo um ensino abstrato, conteudista, classificatório, descritivo, enciclopédico e fragmentado (AYUSO; BANET, 2002; SELLES; FERREIRA, 2005). Além disso, autores têm apresentado que grande parte dos docentes interpreta a necessidade de se “entregar” todo o conteúdo descrito no currículo, sem uma reflexão sobre a relação ensino e aprendizagem, tornando o ensino verbalista, superficial e/ou demonstrativo (SELLES; CASSAB, 2012). Logo, em muitos momentos os estudantes não apreendem os conteúdos, incluindo os de genética, valendo-se de estratégias de memorização, que certamente serão esquecidos após as provas e avaliações (POZO; CRESPO, 2009; KRASILCHIK, 2011; KALAS et al., 2013), o que é um contrassenso, já que a genética é um assunto de interesse dos estudantes, principalmente a genética humana, conforme as pesquisas realizadas por Bonzanini e Bastos (2005); Malafaia; Bárbara e Rodrigues (2010); Gouw; Mota e Bizzo (2013).

Aprender sobre os conteúdos de genética, assim como em outras disciplinas da área biológica requer abstração além da habitual, uma vez que são muitos termos técnicos e recentes na história da Ciência, tornando-se extremamente confuso, tanto para os professores quanto para os estudantes. Assim, a genética, apesar de fascinante, torna-se distante dos estudantes e seu ensino se transforma em um momento tenso ou desanimador.

Na ausência da transposição didática e de estratégias de ensino, ocorre o que Bizzo (2009) denominou de “placebo pedagógico” quando há um ‘acordo implícito’ de ambas as

partes para o ensino e para a aprendizagem, quando acordam que o estudante aprendeu e que o docente realmente ensinou.

As atividades didáticas em sua maioria não consideram as concepções prévias dos estudantes, e sim, a repetição de exercícios de fixação, o que é considerado uma ação mecânica (SILVÉRIO; MAESTRELLI, 2013). Essa prática conduz o estudante apenas à ação mecânica de associação de símbolos e palavras, sem possibilitar-lhe a compreensão dos conceitos, processos e seus significados nos mecanismos de herança genética. Em outras palavras, a compreensão exige a relação entre conceitos, por isso não basta os estudantes repetirem “nomes” complicados. Necessitam estabelecer relações, conexões que lhes garantam a passagem do pensamento empírico ao teórico, ou seja, que lhes possibilitem a apropriação do conceito.

Diversos autores concordam que as chamadas metodologias ativas, incluindo nelas as estratégias de ensino e aprendizagem, podem se mostrar uma alternativa ao ensino considerado passivo e informativo (MARCH, 2006; SCHUNEMANN et al., 2012; IRLES; HUERTAS; ORTELLS, 2013), uma vez que podem estimular o protagonismo dos estudantes (MATURANA; VARELA, 2011), além de contribuir para que o indivíduo adquira, avalie e use informações, aplicando-as em seus conhecimentos na vida diária, podendo assim, conquistar o letramento biológico e a alfabetização genética.

Nesta tese são apresentadas estratégias didáticas de ensino e aprendizagem, as quais são consideradas propostas educativas que oferecem e permitem a apreensão do conteúdo proposto, tanto por professores, quanto pelos estudantes, na tentativa de superar a aula exclusivamente verbalista e ou demonstrativa. Espera-se, assim, a utilização de estratégias que permitem o diálogo entre a teoria e a prática, onde o estudante assume um papel ativo e o professor como incentivador, mediador, problematizador e dialógico.

A genética mendeliana compreende uma parte substancial da genética abordada no ensino médio e isto é demonstrado por meio de análise de livros didáticos, cobrindo os assuntos de herança de traços e resultados da transmissão de genes, como ilustrado no quadrado de Punnett, o que inclui uma parte volumosa da genética ensinada em muitos países, incluindo o Brasil (THÖRNE; GERICKE; HAGBERG, 2013).

Por genética mendeliana escolar entendem-se os assuntos que envolvam padrões de herança (dominância simples, codominância, alelos múltiplos, herança ligada ao sexo), genealogias e problemas que consideram as relações entre genótipo e fenótipo de pais e filhos (SILVÉRIO; MAESTRELLI, 2013). Embora a genética mendeliana escolar se traduza em pequenos temas: ‘heredogramas’, ‘codominância’ e ‘herança ligada ao sexo’, são muitos conteúdos de genética que dependem de outros para os estudantes aprenderem os mecanismos de herança. É um campo epistemológico intrincado com várias tramas e progressivos conhecimentos.

A temática abordada neste estudo trata da relação do ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ensino de genética mendeliana, que tem enfrentado desafios em suas etapas de aprendizagem. Diversos podem ser os motivos, tais como: a metodologia de ensino expositivo, com repetições de exercícios e descontextualizado; quanto às dificuldades do docente em exercer sua prática por falta de conhecimentos atualizados, ou mesmo em abordar um tema com grandes particularidades: símbolos, vocabulário extenso, atualizações, entre outros (ARAÚJO; GUSMÃO, 2017; SILVA, 2014; TEODORO; CAMPOS, 2016).

Já os conteúdos estruturantes da genética elencados nesta pesquisa, incluem-se: a biologia celular, a biologia molecular, a divisão celular, a gametogênese e a evolução das espécies, temas da Biologia que são necessários para o entendimento da genética, por isso, que genética precisa de uma discussão intradisciplinar (LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2016).

Percebe-se na prática docente que a dificuldade na escolarização da genética abarca os sujeitos envolvidos - professores e estudantes - e em ambos os sentidos, no ensino e na aprendizagem. A alternativa apresentada neste estudo é a diversidade de estratégias didáticas para abarcar a apreensão da temática pelos estudantes e a compreensão das concepções prévias dos mesmos. Tal compreensão pode ser um norteador para o trabalho docente.

As estratégias didáticas são usadas neste estudo no ambiente escolar e tratam-se de propostas educativas que intencionam o ensino e a aprendizagem, assim como a divulgação e a apreensão do conteúdo proposto por meio do uso de recursos didáticos que supere a aula unicamente verbalista. É um diálogo entre a teoria e a prática, com a consciência docente em estar empregando o uso das estratégias, que intencionam favorecer a aprendizagem dos temas em questão ao criar condições para que possa ocorrer futuramente, ou não, já que não há garantias de que ocorra a aprendizagem pelo simples ato de utilizar a estratégia de ensino.

O pressuposto do estudo é o de que quanto mais vividas e diversificadas forem as estratégias didáticas para o ensino dos conteúdos estruturantes e da genética, maiores as chances de ocorrer sua promoção, divulgação e aprendizagem pelos escolares³, ou que sejam criadas condições para que a aprendizagem possa acontecer futuramente; e que a sistematização do ensino por meio das sequências de ensino possa potencializar a aprendizagem.

Tal qual o pesquisador francês Brougère (1998) destaca, a experiência por viver a estratégia de ensino é única, pessoal e intransferível, somente quem passa por ela dá um significado ao seu próprio conhecimento, fazendo assim, parte de sua cultura, e deste jeito,

³ Refere-se apenas aos alunos, contudo, neste estudo foi preferido o termo escolares, educandos, estudantes, em detrimento ao primeiro termo.

contribuindo para a aprendizagem. Desta forma, assume-se que a aprendizagem possa ocorrer por meio de variadas estratégias didáticas, como o lúdico, a modelagem e a experimentação, entre outras, e assim, haja o equilíbrio no binômio ensino e aprendizagem dos conteúdos propostos, a partir da promoção do protagonismo dos sujeitos da pesquisa ao se estimular suas emoções para a ação educativa (MATURANA; VARELA, 2011; MATURANA, 2014).

Diante do exposto, a pergunta desta tese é: O uso de estratégias didáticas de ensino contribui para a promoção, divulgação e aumenta a percepção dos conteúdos estruturantes e da genética no âmbito escolar?

JUSTIFICATIVA

Para a maioria dos estudantes a genética é apontada como difícil e amedrontadora, ao mesmo tempo em que é considerada um componente curricular interessante e importante por responder a várias questões na vida prática e no ensino de Biologia, como debatido por Knippels; Waarlo e Boersma (2005), afirmando que:

A genética é uma parte fundamental da Biologia, mas também relevante para a vida cotidiana. As aplicações e implicações do genoma exigem uma melhor “alfabetização genética” por meio da educação biológica. No entanto, a genética também é um dos temas mais difíceis para os estudantes e seus professores (2005, p. 108 – tradução livre).

Da mesma maneira, a genética estimula o imaginário fértil e povoa notícias científicas, tem valor informativo, educativo e prático; e está nos manuais didáticos brasileiros desde 1951, no mínimo, conforme mencionado por Viviani (2007) quando considera a educação formal da genética no nível médio. Contudo, estes mais de sessenta anos ainda não foram suficientes para amadurecer seu ensino e aprendizagem (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009; ROQUETE, 2011), que carece de uma metodologia com variadas abordagens para se alcançar, ou tentar alcançar o êxito em sua escolarização e permitir que os estudantes progridam em seus estudos e exercício de sua cidadania de forma crítica, levando a uma real alfabetização científica (CHASSOT, 2016).

A genética é um conteúdo dentro do currículo de Biologia responsável pelos estudos da hereditariedade, sendo necessários alguns conhecimentos prévios de biologia celular; biologia molecular; divisão celular (FABRÍCIO et al., 2006; DENTILLO, 2009; PÉREZ; MUÑOZ; PEÑA, 2017); estes temas fazem parte da discussão chamada intradisciplinar⁴; ainda, a presença de vocábulos peculiares; de um currículo extenso, a ausência de estratégias metodológicas de ensino, além dos exercícios, tem sido recebida com apreensão, ou desdém, pelos escolares.

⁴ A compreensão da genética exige outros conteúdos da Biologia, por isso o uso do termo intradisciplinar, dentro da própria disciplina Biologia.

A relevância deste estudo está em diversificar as estratégias didáticas, além da aula verbalista e realização de exercícios, propondo abordagens contextuais e utilizando metodologias já existentes, porém adaptadas para a temática genética e de seus conteúdos estruturantes, para a elaboração de uma proposta para o ensino e aprendizagem da genética no ensino público e no contexto da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ), por conta de seu Currículo Mínimo.

Os resultados obtidos neste estudo podem ter repercussões no ensino do ambiente escolar estudado, possíveis de serem ressignificados e ampliados em outros contextos. Trata-se de um estudo de caso em que se deseja utilizar estratégias didáticas para o ensino e aprendizagem de genética e de seus conteúdos estruturantes.

Além disso, a discussão sobre o currículo dito “enciclopédico” de Biologia está em ebulição e mudanças se tornam necessárias no campo prático para abarcar e democratizar a educação científica. Assim, pode haver a coadunação entre os conhecimentos científicos e biológicos e a aprendizagem.

A temática genética tem sua importância no alcance das tomadas de decisões, na saúde dos cidadãos e na educação científica, pois cria oportunidades para outros conhecimentos, como: a biotecnologia, os transgênicos, as terapias de células tronco, a questão ética, a engenharia genética, a evolução das espécies, o entendimento das “superbactérias”, além de poder estimular os estudantes a seguir carreiras na área biológica. E mais, coopera para que os conhecimentos científicos sejam vistos na vida dos participantes e ultrapassem os muros escolares, chegando a seus pares. O esperado foi a promoção da genética mendeliana que contemplasse propostas interativas e estimulasse o protagonismo juvenil.

OBJETIVOS

Assim, tem-se como objetivo geral desta tese: Analisar a importância do uso de estratégias didáticas no ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes para estudantes do primeiro ano do ensino médio. Como objetivos específicos, delimitou-se:

- Investigar o ensino dos conteúdos estruturantes;
- Elaborar estratégias didáticas de ensino e aprendizagem;
- Avaliar uma sequência didática como proposta para o tema do estudo.

Esta tese está dividida em capítulos. Após a Introdução, apresenta-se o capítulo dois que aborda as Interlocuções teóricas, seguido dos Procedimentos metodológicos: Onde? Quem? Como? O quarto capítulo apresenta a Análise e discussão dos resultados. O quinto e sexto capítulos apresentam a Proposição deste trabalho e as Considerações finais, respectivamente.

2 INTERLOCUÇÕES TEÓRICAS

*Sei que às vezes uso
Palavras repetidas
Mas quais são as palavras
Que nunca são ditas?*

Renato Russo

Este capítulo objetiva demonstrar o caráter multifacetado da investigação da educação científica, principalmente no campo da Biologia e no tema genética mendeliana escolar para o ensino médio, junto com as estratégias didáticas. Torna-se necessário ter vários olhares para a construção do conhecimento científico, assim como várias abordagens para que possa ocorrer o ensino e a aprendizagem.

Desta forma, o capítulo traz o referencial teórico da área para seu conhecimento e discussões com os resultados. No capítulo as sentenças dos autores foram extraídas de seus textos originais quando julgadas pertinentes para o estudo.

2.1 Marco teórico: Contribuições da autopoiese

Este estudo foi fundamentado na teoria da autopoiese proposta por Humberto Maturana, a qual foi iniciada em 1960 na Universidade do Chile (MATURANA; VARELA, 2011; MATURANA, 2014). “Biologia do Conhecer” é o nome dado ao conjunto das ideias de Humberto Maturana, inicialmente conhecido como “teoria da autopoiese”. Com reflexões sobre o conhecimento, a cognição e a linguagem, considera que a linguagem também seja gestual: o corpo, o som, os gestos. Tudo isso faz parte da linguagem e intui comunicar alguma informação. A autopoiese está enquadrada entre as teorias consideradas construtivistas (CASTAÑON, 2005), precisamente nas Ciências Cognitivas. Preconiza o sujeito como agente dinâmico na construção do conhecimento e busca a emancipação do indivíduo por meio do conhecimento – é a Biologia da cognição. Tal fundamentação teórica indica que a aprendizagem pode ser intermediada por indivíduos e objetos, como as estratégias pedagógicas, dependendo do tipo de didática utilizada pelo professor, não descartando a subjetividade na ciência cognitiva.

Autopoiese vem de *poiesis*, um termo grego que significa produção, logo, autopoiese significa autoprodução. Na educação, cada indivíduo ao ser apresentado a um conteúdo faz sua autoaprendizagem, considerando suas “emoções e amor” – o processo biossocial; pontos considerados por Humberto Maturana. O autor considera que o emocional não é uma limitação para a racionalidade, mas condição de possibilidade para aprender. Para desenvolver a autopoiese os autores (Humberto Maturana e Francisco J. Varela) aprofundaram os estudos na Biologia e usam seus exemplos para embasar a teoria.

A teoria apresenta como proposta que o processo da aprendizagem é um convite para poder reinventar novas formas de se olhar o conteúdo abordado, ressignificando-o de acordo com a experiência de vida de cada indivíduo e gerando a aprendizagem. O autor analisa que os indivíduos são sempre influenciados e modificados pelo que veem e sentem, mesmo que não percebam de imediato.

Aprender é um processo dinâmico, cíclico, porém aberto, onde a construção do conhecimento perpassa pela interação do estudante e do professor (no ensino formal), em uma relação inseparável entre o ser e o fazer, já que cada estudante aprende de uma forma e em um tempo específico. Como toda organização, a autopoietica pode ser obtida por meio de diversos componentes. Na educação formal, é importante a presença dos professores e estudantes (FIGURA 2.1).

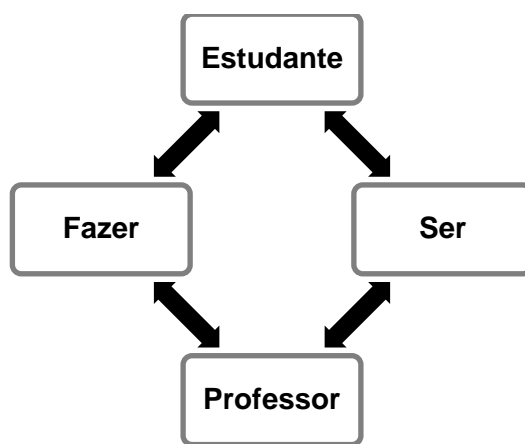


Figura 2.1. O ser e o fazer inseparáveis em uma unidade autopoietica

A autopoiese é um referencial teórico com amplo potencial para orientar a prática educativa, porque afirma que os seres vivos são autônomos (autoprodutores) capazes de produzir seus próprios componentes ao interagir com o meio: “vivem no conhecimento e conhecem no viver” (MATURANA; VARELA, 2011, p. 14).

O mundo é construído pelos indivíduos, num processo incessante e interativo, sendo um convite à participação ativa nessa construção. Contudo, para colaborar a unidade autopoietica, deve-se emancipar do senso comum (senso crítico), refletir em suas ações e assumir responsabilidades. O mundo (e ‘mundo’ têm vários sentidos) é construído ao longo

da interação dos sujeitos com o mundo (outros contextos, em diferentes espaços). Desta forma, “aprendem vivendo e vivem aprendendo. Essa posição [...] é estranha a quase tudo o que nos chega por meio da educação formal” (MATURANA; VARELA, 2011, p. 12). E assim, alegam que o conhecimento não é passivo e sim construído pelo ser vivo em suas interações com o mundo.

O conhecimento é importante porque permite compreender um ‘mundo’. Para os autores, todo fazer gera um conhecimento e vice versa, com implicações nas experiências vividas e que serão vividas.

Todo conhecimento depende da estrutura daquele que conhece, ou seja, cada sujeito aprende de um jeito e em um tempo, de acordo com sua organização autopoietica a qual o define. Seres vivos diferentes se distinguem porque têm estruturas distintas, mas são iguais em organização - a organização celular, que é a base biológica da autopoiese; por conta disto, cada ser vivo é uma unidade autônoma.

Nesse sentido biológico, cada indivíduo é uma unidade autopoietica, com características de autonomia, de organização, e de reprodução (esta última não é exclusiva dos seres vivos porque os autores consideram a réplica e a cópia; a exceção é a reprodução celular). “A divisão celular é um caso particular de reprodução que podemos, legitimamente, chamar de auto-reprodução” (MATURANA; VARELA, 2011, p. 78).

Quanto aos indivíduos, os autores chamam de ‘unidades autopoieticas’, que estão em contínuas interações com o meio, segundo a sua estrutura, que por sua vez está em constante mudança devido à sua dinâmica interna. Isso significa que as transformações nos indivíduos são constantes, cessando apenas quando falecem; embora haja controvérsias na estrutura celular que mesmo com o falecimento há manifestações, como o caso de cabelo e unhas que crescem mesmo com o falecimento do indivíduo. O contexto aqui dado pelos autores da teoria da autopoiese é sobre o aprendizado, assim eles afirmam que “toda mudança estrutural acontece num ser vivo necessariamente demarcada pela conservação de sua autopoiese” (MATURANA; VARELA, 2011, p. 114). E a contínua mudança estrutural dos seres vivos acontece a cada instante, de muitas maneiras e de formas simultâneas.

O desenvolvimento do sistema nervoso nas unidades autopoieticas permitiu a plasticidade neuronal e conseqüentemente uma “contínua transformação, que permanece congruente com as transformações do meio, como resultado de cada interação que o afeta. Do ponto de vista do observador, isso é percebido como uma aprendizagem adequada” (MATURANA; VARELA, 2011, p. 190). É o sistema nervoso que seleciona as mudanças estruturais e permite ao organismo funcionar.

Os autores discutem a aprendizagem porque:

É importante perceber que atualmente tendemos a considerar a aprendizagem e a memória como fenômenos de mudança de comportamento que acontecem quando se “capta” ou quando se recebe

algo vindo do meio. Isso implica supor que o sistema nervoso funciona com representações. Vimos que essa suposição obscurece e complica muito o entendimento dos processos cognitivos. Tudo o que dissemos aponta para a compreensão da aprendizagem como expressão do acoplamento estrutural, que manterá sempre uma compatibilidade entre o funcionamento do organismo e o meio em que ele ocorre. Quando, como observadores, examinamos uma sequência de perturbações compensadas pelo sistema nervoso de uma ou muitas maneiras possíveis, parece-nos que ele internaliza algo do meio. Mas já sabemos que fazer uma descrição como essa seria perder nossa contabilidade lógica. Seria tratar algo que é útil à nossa comunicação entre observadores como um elemento operacional do sistema nervoso. Descrever a aprendizagem como uma internalização do meio confunde as coisas, porque sugere que na dinâmica estrutural do sistema nervoso ocorrem fenômenos que só existem no domínio de descrições de alguns organismos que – como os nossos – são capazes de linguagem (MATURANA; VARELA, 2011, p. 192 – grifo nosso).

Logo, os fundamentos da organização do sistema nervoso são importantes para compreender como se dá a aprendizagem de acordo com um ato cognitivo. O conhecimento ocorre sempre num contexto relacional, no qual as “mudanças estruturais que as perturbações desencadeiam num organismo aparecem para o observador como um efeito sobre o ambiente” (MATURANA; VARELA, 2011, p. 194).

O sistema nervoso, portanto, participa em todas as dimensões cognitivas, ao valorizar os fenômenos cognitivos de duas maneiras complementares. A primeira ocorre pela ampliação do domínio de estados possíveis do organismo; e a segunda se dá pela abertura do organismo para novas dimensões de acoplamento estrutural, e foi esta que tornou possível a linguagem e a autoconsciência humana.

Mora (2017) colabora ao afirmar que a neurociência começa a esclarecer os componentes neurais como emoção, curiosidade, atenção, consciência, processos mentais, aprendizado, memorização em todas as épocas da vida do indivíduo. São processos múltiplos e em diferentes partes do cérebro e estímulos, como as estratégias didáticas, apresentam o potencial para o ensino e a aprendizagem.

A linguagem humana modifica os domínios comportamentais humanos, possibilitando novos fenômenos, como a reflexão e a consciência. A linguagem permite interações recorrentes. “Quando se tem uma linguagem, não há limites para o que é possível descrever, imaginar, relacionar. A linguagem permeia, de modo absoluto, toda a nossa ontogenia como indivíduos, desde o modo de andar e a postura até a política” (MATURANA; VARELA, 2011, p. 233-234).

Contudo, no ato educativo há limites à linguagem quando a vivência do professor é superior a dos discentes, e os estudantes não conseguem acompanhar as explicações. Um exemplo muito simples disso é a dupla hélice do ácido desoxirribonucleico. Para o professor há muita clareza na expressão “dupla hélice”, mas se os educandos não tiveram contato antes com isso, cada um faz a sua interpretação de acordo com suas experiências; há um revisitar dos seus conceitos ao mesmo tempo em que o professor usa imagens, balança as

mãos e/ou faz os dois ao mesmo tempo, além das metáforas. Dessa maneira a Biologia apresenta a linguagem oral, a falada, a escrita, a imagética e até tridimensional para abarcar esta lacuna da linguagem falada no momento das explicações.

Para Maturana (2014) a cognição humana faz parte da dotação genética da espécie, assim como seu programa linguístico. Reconhece como questão central a autonomia e a identidade dos indivíduos; por isso desenvolveu uma teoria dos fenômenos cognitivos, já que para o autor o modo tradicional de abordar o ato cognitivo não funciona. Há a necessidade de expandir os horizontes do conhecimento. E as estratégias didáticas ajudam a expandir tais horizontes.

O conhecer é fazer referência a uma realidade independente do observador. Para fazer esta referência o indivíduo usa a linguagem, que não é necessariamente falada; ter conhecimento de alguma coisa implica em fazer afirmações sobre algo que é independente do sujeito. “O conhecimento é a apreciação do outro sobre a conduta de alguém, quando a considera adequada ou não” (MATURANA, 2014, p. 131). O conhecimento é sempre adquirido na convivência, se colocar a convivência no ambiente escola, há inúmeros indivíduos com suas histórias de vidas diferentes, mas que compartilham o mesmo ambiente: o colégio. Neste ambiente, é possível ocorrer o conhecimento, que é validado pelo outro (professor, provas, colegas, entre outros).

Maturana considera que os seres vivos são sistemas estruturalmente determinados e tudo o que acontece neles, acontece como mudança estrutural determinada em qualquer instante em sua estrutura. A mudança, se ocorrer, é um fenômeno interno, logo, é pessoal e intransferível; o mesmo ocorre com a aprendizagem.

As unidades autopoieticas são sistemas abertos a qualquer manipulação estrutural, como o que pode ocorrer nas aulas e diante dos conteúdos. Não há mudanças físicas e sim, nas características individuais, particulares que não podem ser medidas e mensuradas. O “autofazer-se” se autoconstrói, por meio da metodologia e de uma didática que estimule os estudantes a produzir o próprio conhecimento como o uso de estratégias didáticas.

Neste sentido a função docente passa a ser de facilitar diálogos com os saberes, respeitando a diversidade e as características de cada participante do processo educativo, ao aceitar cada estudante com estilo próprio de aprendizagem e diferente forma de resolver problemas. Nisso as diversificadas estratégias didáticas podem auxiliar o processo educativo já que os indivíduos irão ressignificar as estratégias para o seu contexto.

O conhecimento se constitui na reconstrução do gnose com aplicação do mesmo fora do contexto; e em outros contextos (fora dos muros escolares). Experimentar as estratégias didáticas durante as aulas não garante que todos os indivíduos aprendam da mesma forma, como se fosse uma cópia, pois na teoria da autopoiese se considera o individual e como este vai interagir com o meio, incluindo na escola os temas a serem

estudados. Somente após conhecer e ter contato terá algum significado, ou não, dependendo de como é a apresentação do conteúdo e seu (da unidade autopoiética) grau de interesse pelo tema.

As estratégias didáticas permitem que os temas circulem entre os indivíduos, estimulando o protagonismo dos estudantes, a linguagem, a compreensão da cultura local, o consciente coletivo e as interações que oportunizam a aprendizagem da genética de seus conteúdos estruturantes. Contudo, Maturana polemiza ao afirmar que “todo aquele que vai ensinar algo a outro está negando o outro” (2011, p. 128); entretanto há um contexto para esta afirmação que se entende ser discordante para a genética e no ensino formal, pois embora o discurso da hereditariedade circule na sociedade, sua sistematização para seu ensino se dá essencialmente na escola e com os professores de Ciências e Biologia. A compreensão da genética e sua nomenclatura ocorrem na escola, não exclusivamente nela, mas sua sistematização para o ensino ocorre no ambiente escolar, isso quando se considera todos os estudantes deste nível (educação formal) no Brasil.

A escola é um agente influenciador e é influenciada pelo processo social, ainda mais, quando fomenta novas abordagens e estratégias para ensinar e problematizar junto com os jovens o conhecimento científico. Assim, tal afirmação não invalida que a autopoiese tem potencial para contribuir para a escolarização da genética e de seus conteúdos, uma vez que as emoções envolvidas no uso das estratégias didáticas pelos educandos têm grande capacidade para o ensino e aprendizagem que não se medem ou se avaliam, cada um as sente e as percebe.

Para Mora (2017) “as emoções são processos incoscientes que o indivíduo utiliza para sobreviver, comunicar-se e para tornar mais sólidos os processos de aprendizagem e memória. As emoções são um ingrediente básico dos próprios processos cognitivos” (MORA, 2017, p. 69 – tradução livre). Para a neuroeducação as emoções, que indicam movimento e interação com o mundo, assim como, um meio de comunicação, são uma energia que possibilita a aprendizagem porque iluminam e mantêm a curiosidade e a atenção, e, com isso o interesse por descobrir tudo o que é novo; quando esta energia está apagada, há a memorização dos conteúdos escolares. Desta forma, as emoções se unem ao campo da neuroeducação como colaboradoras ao processo de ensino e aprendizagem.

2.2 História da genética mendeliana e seu mito fundador

A genética como área científica é lembrada em sua formação histórica normalmente pelas descobertas de Johann Mendel (1822-1884). O nome Gregor Ihe foi dado ao tornar-se religioso. Mendel realizou seus experimentos com as ervilhas (*Pisum sativum*) no Mosteiro Agostiniano de São Tomás, em Brno, antigo Império Austro-Húngaro, hoje República

Tcheca, país da Europa Central, por meio de seus cuidadosos cruzamentos com as sete características distintas e paciência de oito anos que objetivaram conhecer e explicar os mecanismos de herança das características dos organismos.

Johann Gregor Mendel nasceu e cresceu em um meio agrícola, familiarizado com o cultivo e a hibridação de plantas, a prática da enxertia, a realização de adubagens; experiência que foi importante para a execução de sua obra posteriormente. De acordo com Freire-Maia (1995) foram as circunstâncias econômicas e de saúde que determinaram a entrada de Mendel em um mosteiro. “Em 1854, com 32 anos [...] Mendel iniciou sua carreira de professor substituto da Escola Real de Brünn. Na mesma época, foi indicado como hortelão e jardineiro do Mosteiro” (FREIRE-MAIA, 1995, p. 05). Mendel foi monge agostiniano e também cientista.

Gregor Mendel “criou o alicerce de outra revolução na Biologia [Charles Darwin, fez isso com a teoria da evolução, os dois foram contemporâneos], que acabou por dar origem a uma ciência totalmente nova – a genética” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 38). “A genética é uma ciência relativamente jovem – surgiu apenas no início do século 20, mas cresceu em escopo e significado, tanto que agora ocupa posição de destaque, e alguns diriam de comando, em toda a Biologia” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 02). Genética é a área da Biologia que estuda a herança biológica ou hereditariedade, que consiste na herança e transmissão de características de pais para filhos, ao longo das gerações.

Coube ao biólogo britânico, William Bateson (1861-1926) nomear esta área científica que estuda a hereditariedade de ‘genética’ em 1906, “derivada da palavra grega que significa ‘gerar’” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 39), sendo oportunamente adotada para designar o conceito ampliado da ciência que trata a hereditariedade. “A nova ciência da genética nasceu no seio da Biologia do desenvolvimento” (MAYR, 1998, p. 831) e auxilia nas explicações da evolução.

Por ciência, Maturana (2014) considera o conhecimento validado por meio de um método particular, que é o método científico, obtido pela verificação, confirmação ou negação da falseabilidade e, “que a validade das explicações e afirmações científicas se baseia em sua conexão com tal realidade objetiva” (p. 133). Com estas afirmativas, a genética também é conhecida como ciência da hereditariedade, com uma história para o seu desenvolvimento.

O brilhantismo de Mendel foi ter estabelecido uma expressão algébrica que o permitiu prever resultados ($A + 2Aa + a$) e também seus conhecimentos em estatística, que deram a ele, postumamente, o título de “Pai da genética” dando a entender que não havia nenhuma pesquisa em hereditariedade antes de Mendel. Pesquisas contestam este título e o ineditismo no desenvolvimento da ciência da hereditariedade (PRESTES; MARTINS, 2016).

A história da ciência da hereditariedade iniciou há muito tempo, antes do monge agostiniano, já que filósofos e cientistas tentavam explicações desde os tempos dos pré-socráticos até o final do século XIX, “mas foi preciso esperar até o ano 1900, quando foi “redescoberta” a obra de Mendel, para que o amadurecimento dos conceitos permitisse o estabelecimento da genética, como uma ciência autônoma da hereditariedade” (MAYR, 1998, p. 701). Prefere-se a palavra “redescoberta”, pois o próprio Mendel apresentou as suas descobertas em 1865 oralmente e de forma impressa em 1866.

E foi necessário esperar por mais de cinquenta anos (1953) para que os cientistas entendessem, ou começassem a compreender, o aspecto mais significativo da hereditariedade, que é a molécula do ácido desoxirribonucleico (o DNA) e como age enquanto material genético por meio de seu papel semiconservativo. “Não existe nenhum fenômeno biológico em que o programa genético não esteja envolvido. Por isso os geneticistas, com boas justificativas, puderam afirmar que a genética é a mais básica de todas as disciplinas biológicas” (MAYR, 1998, p. 701). Outras ciências contribuíram para o progresso e amadurecimento da genética, como a bioquímica, a biologia molecular e a citologia, esta última também conhecida como biologia celular.

Hoje é um consenso entre os cientistas que os organismos vivos compartilham o DNA como material genético, sendo este a única ligação entre as gerações antecessoras e futuras (por meio dos gametas e esporos), além de tornar-se também uma importante prova para a teoria da evolução das espécies (MORI; PEREIRA; VILELA, 2011).

Mendel iniciou seu trabalho preocupado com os mecanismos para o desenvolvimento das plantas híbridas (em busca do melhoramento genético), e não com a hereditariedade. Esta veio como resultado de seus estudos e não pode ser negada, por conta de sua grande contribuição ficou conhecido como o descobridor das leis da genética, embora não tenha usado o termo “leis”. O trabalho sobre a hereditariedade de Mendel não se defrontou com um vazio de estudos e teorias. Já existiam outros estudos antes, tais como a pangênese (esta afirmava que todas as partes do corpo fornecem material genético para os órgãos reprodutores, principalmente para os gametas), a hereditariedade por miscigenação (acreditava na fusão completa dos materiais genéticos paterno e materno) e várias outras sobre determinantes múltiplos. As “leis de Mendel” tornaram-se uma revolução por ter contestado teorias e hipóteses, superando-as no contexto da época.

Logo, existiam outras pessoas que tentavam compreender e explicar o mecanismo de herança das características dos organismos, em especial, os experimentos eram realizados em plantas (CALLENDER, 1988; NEVES et al., 2011; NEVES et al., 2012; MENDES, 2013; NEVES et al., 2013), por diversas justificativas, como: o melhoramento das plantas, por ser melhor de controlar as variáveis e, uma prole grande em pouco tempo, entre outros. Portanto, Mendel não foi sozinho o criador da genética, outros pesquisadores

investigaram antes, durante e após suas publicações, mas nenhum recebeu o título de “pai da genética”, como Mendel.

“Desde a Antiguidade, houve um interesse por parte dos estudiosos em buscar leis que determinassem as relações de semelhança entre descendentes e seus progenitores, tanto em humanos como em animais” (MARTINS, 2002, p. 28). O sucesso de Mendel em muito se deve ao seu rigor metodológico e conhecimento de matemática (probabilidade e estatística). Compreender como uma pessoa se parece com seus parentes, sejam eles irmãos, mãe, pai, avó, entre outros, sempre povoou o imaginário folclórico; já descrita como ciência pelos gregos, como segue:

Como em outras áreas da Biologia, a contribuição mais importante trazida pelos gregos foi o fato de haverem introduzido uma atitude inteiramente nova em relação à hereditariedade. Já não a consideravam mais algo misterioso, dado pelos deuses, mas sim a ser estudado e sobre o qual se podia exercer a reflexão. Em outras palavras, reivindicaram para a hereditariedade o tratamento de ciência. Com efeito, eles foram os primeiros a formular muitas questões, que constituíram depois objeto das grandes controvérsias genéticas do século XIX e do começo do XX (MAYR, 1998, p. 709).

“Por uns dois mil anos depois dos tempos de Aristóteles e dos atomistas gregos, quase nada de novo foi acrescentado ao assunto da geração e da hereditariedade” (MAYR, 1998, p. 709). Há de se considerar as instabilidades políticas dos momentos históricos e depois, surgiu a Idade Média (476-1453 d.C.) que foi um período obscuro para o avanço científico no Ocidente com pouco desenvolvimento, embora não haja registros de uma ciência da hereditariedade no Oriente, o que não significa sua inexistência.

Transcorrido este período, aparece em oposição, a Idade Moderna (Século XVII-XVIII), momento na Europa em que se buscava uma dissociação da influência da igreja no Estado. Esta foi a época também de Carolus Linnæus, o sueco Lineu (1707-1778), momento em que foram dados os primeiros passos que levaram à descoberta da genética mendeliana, a de transmissão (CALLENDER, 1988). Mendel, ao realizar suas pesquisas, bebeu na fonte que antes outros indivíduos colaboraram para seus achados, ou seja, existiram os precursores da futura genética (PRESTES; MARTINS, 2016).

Metodologicamente, há duas maneiras de estudar a hereditariedade: o estudo da genealogia e por cruzamentos. E foram por esses passos que os antecessores de Mendel contribuíram para a consolidação da genética, essencialmente pelo fato de a genética ser uma ciência experimental, ou seja, empírica.

Também contribuíram: Pierre Louis Moreau de Maupertius (1698-1759) e Carl Friedrich von Gärtner (1772-1850). Este último, em seu trabalho “A produção de híbridos no reino vegetal” apresentou observações muito importantes que Mendel utilizou (CALLENDER, 1988; MENDES, 2013). E antes de todos esses, o próprio filósofo grego,

Aristóteles (384–322 a.C.) fez reflexões sobre a hereditariedade, que permaneceram apenas no terreno das ideias, sem ter realizado experiências.

Os criadores de plantas práticos na Europa que tinham como interesse melhorar a produtividade das plantas cultivadas, aumentar sua resistência às doenças e à geada, e em produzir variedades novas, como Thomas Andrew Knight (1759-1853) que trabalhou com árvores frutíferas e com as ervilhas, contribuíram para que Mendel fizesse sua pesquisa e alcançasse seus resultados.

Knight “descreveu tanto a dominância como a segregação (nos retrocruzamentos), mas não contou os diferentes tipos de sementes que obteve, e por isso não efetuou o cálculo das proporções” (MAYR, 1998, p. 723). Vários hibridadores e criadores de plantas deixaram o cenário preparado para o aparecimento de um indivíduo que formularia questões sobre a hereditariedade e resolvendo-as com novos métodos de pesquisa: a estatística.

Apresentam um papel importante na história da genética, os estudos de August Weismann, infelizmente mais conhecido pela experiência com as caudas dos ratos. August Weismann (1834-1914) alemão formado primeiramente em medicina, atuando posteriormente como zoólogo, também é considerado um dos fundadores da ciência da hereditariedade. Ele foi o primeiro grande opositor da ideia da herança dos caracteres adquiridos de Lamarck, cooperando para, o hoje conhecido, neodarwinismo. Tornou-se importante para o ainda nascente neodarwinismo quando se afirmou que a ciência da hereditariedade aplica-se à evolução das espécies como bem chama a atenção Mayr para o termo neodarwinismo empregado neste contexto da história da genética, “é a designação para o darwinismo revisado por Weismann” (MAYR, 2005, p. 135); e não a teoria sintética da evolução a partir de 1940.

“A teoria genética proposta por Weismann em 1883 e 1885 [...] envolvia duas ideias novas e predominantes. A primeira era a de que todo o material genético está contido no núcleo [...]. A segunda ideia era a rejeição de uma herança dos caracteres adquiridos” (MAYR, 1998, p. 780). Além disso, Weismann rejeitou a hereditariedade tênue que pregava o material genético como constante, imutável, e essa rejeição fez com que sofresse grande hostilidade dos neolamarckianos e dos darwinianos ortodoxos, já que advogava que o material genético sofria transformações ao longo do tempo.

Também elaborou uma teoria sobre os genes, chamados por Weismann de *bióforo*, isso em torno de 1892, mas apenas em 1909 com um maior amadurecimento da genética, que o termo proposto por Wilhelm Ludvig Johannsen - gene - foi adotado e passou a designar uma definição da genética (THÖRNE; GERICKE; HAGBERG, 2013). É de Weismann a ideia, mas não a comprovação, de que as unidades hereditárias estão contidas nos cromossomos, e mesmo assim previu a meiose por conta da necessidade de uma divisão reductiva. Mayr discute que:

a diferença crucial entre a teoria de Weismann e a de Mendel sobre a hereditariedade é que Weismann postula que uma única célula, inclusive os gametas, pode conter numerosas réplicas do mesmo determinante (1892), enquanto na teoria de Mendel existem apenas dois (um de cada genitor). Só essa diferença nos dois postulados implica duas teorias completamente diferentes da hereditariedade (MAYR, 1998, p. 784).

Ainda no século XIX, na hoje República Tcheca (país da Europa Central, limitado pela Polônia, Alemanha, Eslováquia e Áustria), os trabalhos de Gregor Mendel, o hoje arauto da genética, foram revelados pelo próprio de duas formas: a primeira, no ano de 1865 quando fez duas conferências em fevereiro e março na Sociedade de História Natural, e a segunda, um ano depois, quando publicou seu artigo em 08 de fevereiro de 1866 na revista *Proceedings of the Natural History Society of Brúnn*. Nesses, Mendel descreveu os resultados dos experimentos com as ervilhas feitas por ele desde 1856. Foi a questão do melhoramento das espécies que inspirou Mendel no seu trabalho acerca da hereditariedade.

Mesmo assim, é um engodo creditar a um único indivíduo o desenvolvimento de uma área científica, como se estivesse sozinho e isolado do meio científico. Mendel teve acesso à literatura e pesquisas de cruzamentos da época, como as pesquisas de Kölreuter. Joseph Gottlieb Kölreuter (1733-1806) um botânico alemão provou a reprodução sexual das plantas e por meio disto, possibilitou novos estudos, como o realizado a frente por Mendel.

Kölreuter achou os mesmos resultados que Mendel entre as gerações F_1 e F_2 , porém deu outra interpretação. Quis dar uma explicação aos resultados mediante recurso a um modelo químico e teológico, usando os conceitos de ácido e base para se encontrar o sal (o híbrido). Concluiu que a hibridização de duas espécies não produz uma terceira espécie, logo, apenas Deus poderia ter criado as espécies. Contudo, sua maior contribuição foi para o estudo da reprodução sexual das plantas, além de ser o primeiro a provar a contribuição igual dos dois genitores (MAYR, 1998).

Mesmo com essa ressalva, para Mayr (1998), os pontos singulares na vida de Mendel que permitiram seus achados foram: 1) Ter estudado na Universidade de Viena com o professor de botânica, Franz Unger com quem compreendeu que um único grão de pólen fertiliza um único óvulo. Predominava até então a ideia de que um óvulo era fecundado por vários grãos de pólen; 2) Ter adotado a população como método de análise e não, o indivíduo particular como era de praxe na análise funcional; 3) Ter sido formado em Física e em Biologia, o que lhe permitiu o uso da análise estatística nas populações de ervilhas. Mendel era fascinado por relações numéricas, o que lhe permitiu dar uma interpretação quantitativa e usar populações grandes para os seus cruzamentos; 4) Ter sido uma pessoa meticulosa, pois anotava com riqueza de detalhes seus experimentos; 5) Ter lido os escritos do botânico Carl Friedrich von Gärtner que em sua obra mostrou alguns detalhes de botânica que permitiram a Mendel eleger como seu modelo experimental a ervilha; 6) Ter

reconhecida sua insegurança sobre espécies o que o fez adotar o termo “híbrido⁵” de forma indiscriminada; Mendel “emprega o termo híbrido para designar os descendentes dos seus cruzamentos com ervilha” (MENDES, 2013, p. 92); 7) Ter se ocupado com as diferenças de um único caráter (alto x baixo; verde x amarelo; entre outros); 8) Ter empregado o método hipotético-dedutivo, o que lhe permitiu planejar seus experimentos com uma teoria bem elaborada em sua mente; 9) Ter inovado metodologicamente ao usar “A” e “a”, logo a ideia de dominante (“A”) e recessivo (“a”) para suas explicações dos caracteres hereditários; 10) Ter elaborado e usado uma expressão algébrica ($A + 2Aa + a$) para prever os resultados (descendentes).

Gregor Mendel elegeu a ervilha como modelo experimental, e para isso arranhou 34 variedades mais ou menos distintas de ervilhas de diversos fornecedores, realizou um trabalho de dois anos para acompanhar e selecionar as características que permaneciam constantes, que chamava de puras. Feito isso, os sete traços (caráter) contrastantes escolhidos foram:

1. Plantas altas X plantas anãs;
 2. Sementes lisas X sementes rugosas;
 3. Sementes amarelas X sementes verdes;
 4. Flores roxas X flores brancas;
 5. Vagens verdes X vagens amarelas;
 6. Flores axiais X flores terminais;
 7. Vagens infladas X vagens achatadas.
- (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 41).

Os traços dominantes são: planta alta, semente lisa, semente amarela, flores roxas, vagem verde, posição das flores axilar e vagens infladas. A característica dominante sempre é indicada pela letra maiúscula; já a característica recessiva é indicada pela letra minúscula. Ressalta-se que em Mendes (2013) há maiores detalhes sobre as características analisadas.

Com essas distinções contrastantes Mendel iniciou a hibridização artificial, ou seja, impedia a autofecundação das plantas. Era Mendel quem realizava o cruzamento das ervilhas com particularidades opostas, porém puras, chamadas de geração parental (P); como exemplo, cor da semente verde e amarela. A geração seguinte, chamada de ‘primeira geração filial’ (F_1), apresentava (100%) plantas com semente de cor amarela, que é a característica dominante. Mendel usou os termos recessivos e dominantes, em vez de

⁵ O termo híbrido no contexto sócio histórico de Mendel significa variedades numa única espécie, diferindo em apenas uma ou poucas características, como a cor das sementes e altura da planta, com o objetivo de obter certas características desejadas na prole. Mendel foi incentivado a investigar a questão dos híbridos por demandas econômicas de produtores locais, mas também acadêmicas. Queria-se melhorar a produtividade e ajudar os agricultores da Morávia a conter nos híbridos características de interesse comercial; desejava-se estabelecer padrões de hibridização. Porém, atualmente o termo híbrido significa um organismo produzido a partir do cruzamento de animais ou plantas de espécies diferentes, como exemplo a mula e o burro, cujos pais são de espécies diferentes (égua e jumento).

“latente” e “preponderante” como em voga no momento, “escolheu termos novos, com significados precisos” (MARTINS, 2002, p. 31).

Quando os híbridos F_1 se autofertilizavam, pois eram férteis, produziam a geração ‘segunda geração filial’ (F_2). A novidade de F_2 é que o caráter recessivo reaparecia, em uma proporção de 3:1, ou seja, de cada quatro plantas dessa geração, uma apresentava a semente de cor verde que é a característica recessiva (CALLENDER, 1988; MAYR, 1998; MARTINS, 2002; MENDES, 2013; SNUSTAD; SIMMONS, 2013). É digno de nota que foi William Bateson quem começou a usar a nomenclatura de F_1 e F_2 (MARTINS, 2002). Ou seja, a primeira geração de filhos, ou geração híbrida foi denominada F_1 . A geração constituída pela variedade pura foi denominada geração parental (geração P). A descendência resultante da autofecundação da geração F_1 foi denominada segunda geração híbrida ou geração F_2 .

“Mendel levou a maioria dos seus experimentos ao longo de quatro a seis gerações, e os resultados obtidos foram sempre os mesmos. Ele descobriu claramente uma regularidade à guisa da lei” (MAYR, 1998, p. 798). Mendel não apresentou a distinção entre genótipo e fenótipo, tampouco o conceito de gene, de cromossomo e outros elementos da célula, inclusive não tinha conhecimento das descobertas da biologia celular, pois a maioria foi realizada nos anos 1870 a 1880, mas conseguiu estabelecer a lei dos caracteres hereditários. Sua hipótese era que os caracteres eram representados por elementos idênticos e diferentes. Esses “elementos” hoje podem ser interpretados como genes.

Para Mendel demonstrar as gerações e os seus elementos, caracteres, ele lançou mão de uma novidade metodológica, usou letras do alfabeto para representar os caracteres (CALLENDER, 1988). Assim,

se A for usado como símbolo de um dos dois caracteres constantes, por exemplo, o dominante; a do recessivo e Aa da forma híbrida, em que estão reunidos os dois, a expressão $A + 2Aa + a^6$ mostra os termos da série da descendência de híbridos para 2 caracteres diferentes (MENDES, 2013, p. 96).

Mayr (1998) acreditava que Mendel usava apenas “A” ou “a” para as formas homólogas dos gametas femininos e masculino, por considerar que eram idênticos, puros. Mas considerou o “Aa” para os elementos híbridos. Concluiu-se que Mendel não tinha clara a ideia de que os pares de genes alelos se separavam durante a formação dos gametas (faltava-lhe o conhecimento de meiose). William Bateson, após observações na tradução que fez do artigo de Mendel, inseriu o “AA” e “aa” tão comum na linguagem genética

⁶ Expressão algébrica, na qual utilizou letras para representar as variações. “A” representa a característica dominante pura, “a” a recessiva pura e “2Aa” os híbridos destacando a presença das duas características, e cada elemento (alelo) estaria presente nos gametas masculino e outro no feminino, mas apenas uma das variações parentais se manifestaria no híbrido (a característica dominante, a outra variação apareceria nos descendentes do autocruzamento dos híbridos). Isso explica porque todas as plantas da geração F_1 eram híbridas, todas haviam recebido um elemento diferente de seus progenitores: “A” e “a”, ficando “Aa”, heterozigoto (BRANDÃO; FERREIRA, 2009).

(MARTINS, 2002). Seja como for, para Santos; Silva e Franco (2015) este recurso pedagógico é uma analogia para compreender e fazer previsões, dos cruzamentos. Snustad e Simmons afirmam que Bateson:

foi o primeiro a usar letras mnemônicas para simbolizar os genes. Para o símbolo, Bateson escolheu a primeira letra da palavra que descrevia o efeito fenotípico do gene – assim, *B* para um gene produtor de flores azuis (*blue*), *L* para um gene causador de grãos de pólen longos. À medida que o número de genes conhecidos cresceu, tornou-se necessário usar duas letras ou mais para representar novos genes descobertos. Infelizmente, os geneticistas nem sempre seguem as mesmas convenções quando representam genes e alelos (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 66).

Mendel mesmo com uma linguagem não muito conclusiva fornecia alguns dados que ele mesmo não tinha certeza, mas qual foi a novidade que o permitiu ser conhecido como o “pai da genética”? Talvez as respostas estejam em suas novidades e releituras de trabalhos realizados durante seus experimentos. Alguns apontamentos podem ser feitos, como as proporções 3:1, que não podiam ser explicadas sem se admitir que durante a formação dos gametas ocorra a segregação (separação) dos alelos (Mendel chamava de *anlagen* dos caracteres equivalentes). Mendel descobriu mesmo sem uma teoria do gene: “a segregação, as proporções constantes, a distribuição independente dos caracteres, combinadas com os novos conhecimentos adquiridos entre 1865 e 1900, conduziram automaticamente à teoria chamada, legitimamente, Mendelismo” (MAYR, 1998, p. 800). “Esse processo de segregação de alelos talvez seja a descoberta mais importante de Mendel” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 41).

E quando seu trabalho foi “redescoberto”, em 1900, seus leitores enxergaram mais do que Mendel havia escrito, haja vista terem passados 35 anos e o campo da biologia celular ter progredido a ponto de permitir novas interpretações, tantos avanços teóricos, como instrumentais que permitiram repetir o experimento e a realização em outros organismos, como Thomas Hunt Morgan fez com a mosca *Drosophila*. A particularidade do monge agostiniano Gregor Mendel foi ter se concentrado na análise de uma única característica por vez, o que o permitiu ver que não ocorriam indivíduos intermediários (mistura) entre as características dos pais, mas somente uma era herdada.

As conclusões de Mendel foram: 1) Os genes dominantes e recessivos não se afetam quando associados no heterozigoto, não há forma de transição, logo, não considerou a codominância; 2) Os gametas sempre contêm apenas os alelos de um dos dois caracteres alternativos, o que é válido tanto para os gametas produzidos por heterozigotos, como para os produzidos por homozigotos; 3) O encontro entre os gametas com genes diferentes ocorre ao acaso; 4) Mendel admitiu que um grão de pólen é o responsável por fertilizar um óvulo, como mencionado antes por Giovanni Battista Amici (1786-1863); Mendel usou deste conhecimento para realizar o cruzamento com dois pares de caracteres (o que seria o prelúdio da segunda Lei de Mendel) e pode concluir que cada caráter é herdado de forma

independente do outro, e a proporção de dominante para recessivo não fica afetada pelo outro caráter (alto, baixo, amarelo, verde, entre outros), além de ter desenvolvido seu teste estatístico em populações grandes.

Embora haja todos estes conhecimentos cotejados à Mendel, Mayr (1998) chama a atenção pelo fato de outros autores já terem o conhecimento da dominância, da reversão, da identidade dos cruzamentos recíprocos, da uniformidade da primeira geração e “do postulado, de que existem certos elementos (partículas) que controlam os caracteres” (MAYR, 1998, p. 803), assim como a aceitação de que não existe hereditariedade misturada, a hereditariedade de Mendel era devido a materiais fornecidos pelos gametas. Logo, a excepcional contribuição de Mendel consistia na universalidade da proporção 3:1, que refutou o postulado das partículas múltiplas, e “a descoberta de que essas partículas existem em conjuntos – os genes e seus alelos, como se diria hoje. Admitindo-se isso, foi possível explicar a segregação e a recombinação” (MAYR, 1998, p. 804).

O que se constituiu como uma ideia nova e que revolucionou a genética foi a inferência de que cada caráter em um zigoto (também chamado de célula-ovo) é representado por dois genes alelos, um procedente do pai e outro da mãe, enquanto que a segregação fenotípica na F_2 era um meio eficaz para contrariar a hereditariedade de mistura. Sendo:

O ponto crucial da teoria de Mendel era a sua insistência em afirmar que quando os genitores diferem em um caráter, os elementos, ou *anlagen* [“fator”], para esses caracteres permanecem separados nos híbridos, e de novo se separam na formação das células germinais desses híbridos. Esta é claramente uma das contribuições decisivas de Mendel, a outra sendo a inferência, necessária a partir das proporções 3/1, de que cada caráter é representado, nas células germinais, por um, e por um somente, elemento (MAYR, 1998, p. 804).

À luz da genética mendeliana pode passar a impressão que antes de Mendel inexistia outras regularidades (leis) para a hereditariedade, porém, havia ao menos três de valor mais significativo: 1) Lei da hereditariedade ancestral de Francis Galton (1822-1911); 2) Teoria da contaminação, de William E. Castle (1867-1962); e 3) Teoria da hereditariedade citoplasmática, cujos principais representantes eram da genética alemã. “As explicações não-mendelianas, uma após outra, se revelaram como sendo inválidas” (MAYR, 1998, p. 881), prevalecendo então a genética mendeliana com ressalvas, pois não era universal, já que, “os adversários [...] não negavam a ocorrência de alguma hereditariedade mendeliana; o que negavam era que toda hereditariedade fosse mendeliana” (MAYR, 1998, p. 867). Isso culminou no refinamento dos achados de Mendel e em seus desdobramentos, como os alelos múltiplos que contrariam Mendel.

O artigo de Mendel: “Experimentos sobre a hibridização de plantas”, foi publicado em 1866, no idioma alemão, em uma revista conhecida para os padrões da época, e sua obra foi “redescoberta” em 1900. Assim, em 1900 quando a genética nascia em um mundo cheio

de perguntas sobre a hereditariedade, as “leis” de Mendel podem ter sido interpretadas como uma novidade. Contudo, atualmente perderam sua utilidade como leis universais. Mendel tornou-se postumamente um ícone da genética por não ter havido ninguém que fizesse o que ele fez em seu tempo e com os seus recursos. Certamente deixou um legado para uma legião de geneticistas que vieram após ele.

Um fato curioso é que antes de ser “redescoberto” em 1900, a obra de Mendel já tinha sido citada por outros pesquisadores, cerca de doze vezes. A principal citação foi no livro de Wilhelm Olfers Focke (1834-1922). Em 1881, este médico e botânico alemão fez um balanço das hibridizações e citava a obra de Mendel, contudo sem encorajar seus leitores a lerem o manuscrito de Mendel. Após a publicação da obra de Focke, todos que desejavam consultar hibridizações consultavam seu livro, que citava a obra de Mendel e praticamente todos que faziam menção de Mendel após 1881, afirmavam ter tido conhecimento por meio da obra de Focke. Percebe-se então, que foi de maneira indireta, mas graças à sua competência, que a obra de Mendel pode ser “redescoberta” em 1900.

Sobre quem “redescobriu” a obra de Mendel, há uma controvérsia, a maioria da bibliografia pesquisada (PIEVANI, 2010; WILLIAMS et al., 2012; MENDES, 2013; SNUSTAD; SIMMONS, 2013; SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015) afirma que de forma independente, três botânicos europeus: Hugo de Vries, da Holanda, Carl Correns, da Alemanha, e Eric von Tschermak-Seysenegg, da Áustria; ao pesquisarem sobre hibridização encontraram o artigo de Mendel em 1900. No entanto, Martins (2002) e Mayr (1998) este de forma mais tímida, advogam que foi Bateson o seu “redescobridor”, na verdade grande divulgador das ideias de Mendel, pois os demais apenas o citaram sem dar muita importância, mas Bateson citou Mendel, passando a divulgar e a ampliar sua obra. Foi Bateson o responsável pela divulgação do artigo de Mendel em 1902 (MARTINS, 2002, 2012) publicando-o na Inglaterra em um livro. Na ocasião Bateson fez algumas alterações, sugestões e atribuiu alguns conceitos como: genes, alelos (originalmente chamado de alelomorfo), homozigotos e heterozigotos, no pé de página (MARTINS, 2012; MENDES, 2013). Os autores discutem que:

apesar de extremamente cauteloso, ele [William Bateson] expôs as ideias mendelianas em uma conferência apresentada em 1900 na *Royal Horticultural Society*, em Londres. No ano seguinte, apareceu a primeira tradução completa do trabalho de Mendel [em alemão originalmente], em inglês (*Experiments in plant hybridization*), com introdução de Bateson. Essa tradução foi feita por C.T. Druery, sendo subsidiada pela *Royal Horticultural Society* e publicada no *Journal of the Royal Horticultural Society* em 1901. Em 1902, em seu pequeno livro *Mendel's principles of heredity: a defence*, Bateson reproduziu a tradução de Druery com algumas adições e modificações. Além disso, defendeu a teoria mendeliana contra críticas que haviam sido apresentadas, particularmente por Raphael Weldon. Na prática, foi ele, portanto, o primeiro a divulgar o trabalho de Mendel, pois De Vries, Correns e Tschermak apenas citaram Mendel e comentaram alguns de seus aspectos, mas não descreveram sua pesquisa

de forma completa. O livro de Bateson, onde se encontra a tradução de Druery, foi a fonte utilizada pela maioria dos mendelianos de língua inglesa do início do século (MARTINS, 2002, p. 36).

De Vries, teve três trabalhos publicados na primavera de 1900 que ajudaram Bateson a entender o artigo de Mendel.

Mendel, portanto, foi o colaborador principal da genética de transmissão das características nos organismos, e abriu as portas para uma nova ciência: a ciência da hereditariedade, como no relato de Mayr sobre Mendel, que deixa clara a importância de sua obra:

Sem qualquer conhecimento da citologia cromossômica, sem as análises teóricas de Weismann, e sem o benefício de muitas outras descobertas seminais feitas entre 1865 e 1900, Mendel descobriu uma nova maneira de abordar os fenômenos da hereditariedade, debruçou-se sobre o comportamento dos caracteres únicos e utilizou esses conhecimentos para chegar a generalizações abrangentes. Sua realização foi uma das mais brilhantes de toda a história da ciência (MAYR, 1998, p. 808).

Atualmente sabe-se que o mendelismo é apenas um dos diversos mecanismos genéticos, pois para que ocorram as características precisam estar em cromossomos separados, fato que ocorreu com as ervilhas. Logo, há ressalvas nas “Leis de Mendel”. Contudo, à época após a descoberta da pesquisa de Mendel, estabeleceu-se a hipótese de que os cromossomos seriam a base física dos fatores mendelianos, o que foi possível graças ao desenvolvimento da biologia celular. “A partir de 1909, diversos trabalhos com a mosca *Drosophila melanogaster*, produzidos pelo grupo de Morgan, forneceram evidências que levaram ao estabelecimento da teoria cromossômica da herança” (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015, p. 980).

A teoria cromossômica da herança (TCH) confirma que há muitos genes em um número reduzido de cromossomos, ou seja, os fatores genéticos estão ligados aos cromossomos. Após 1930 “uma série de estudos culminou na descrição da estrutura da molécula de DNA, da estrutura molecular dos genes e da associação do DNA com proteínas histonas na formação dos cromossomos, corroborando com a TCH” (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015, p. 981).

A história da genética mendeliana se divide em dois períodos: o primeiro de 1900 até mais ou menos o ano de 1909 e o segundo, a partir de 1910 até 1953. Estes períodos se referem ao período primitivo da genética, pois eram momentos de efervescência das descobertas e para testar as “leis de Mendel” e citar as exceções delas. Adverte-se que genética é rica em termos técnicos, sem os quais se torna difícil explicar e entender a própria (CALLENDER, 1988; GUNEL; HAND; McDERMOTT, 2009). “O termo ‘genética’, proposto por Bateson em 1906, foi oportunamente adotado para designar esse conceito ampliado da ciência que trata da hereditariedade” (MAYR, 1998, p. 816). Marandino; Selles e Ferreira (2009) discutem as terminologias biológicas para entender a disciplina; o que se

tornou uma marca da trajetória deste campo que alcançou os conhecimentos escolares em Biologia. Percebe-se que na Biologia é importante saber os radicais gregos e latinos para entender a linguagem científica. E a Biologia foi acusada de privilegiar a descrição e memorização dos seus eventos. As terminologias associadas às definições são questionadas, mas permanecem como uma marca da disciplina Biologia (FANG, 2005).

Bateson relatou os experimentos de Mendel, publicando seu artigo na sessão de 08 de maio, na *Royal Horticultural Society* do ano de 1900. E a Inglaterra assumiu a liderança nos primeiros dez anos, depois de 1900 no desenvolvimento da genética mendeliana, acompanhada, e depois superada, pelos Estados Unidos da América, por meio dos trabalhos da escola de Morgan (Thomas Hunt Morgan, 1866-1945). O estadunidense Morgan se tornou uma referência nas pesquisas da genética, introduzindo a mosca *Drosophila* como modelo para estudos.

Morgan começou a se interessar pela hereditariedade depois de uma visita ao botânico holandês, em 1900 – Hugo de Vries. Este botânico elaborou sua própria “teoria da mutação” que afirmava haver saltos evolutivos (Charles Darwin rejeitava saltos evolutivos). De Vries afirmava que muitas das espécies diferentes surgiam de uma vez e só podiam se misturar uma com as outras, porém não tinha ideia como surgia ou por que as mutações apareciam. Morgan viu neste enigma um desafio a ser pesquisado.

Depois de aceitar um cargo na Universidade Columbia, em Nova York, Morgan iniciou estudos sobre períodos de mutação em camundongos, mas percebeu que a reprodução era lenta, dificultando a observação de resultados. Assim, aceitou a sugestão de um colega e tentou a *Drosophila*, a mosca-das-frutas como modelo experimental. A *Drosophila* se mostrou perfeita para o trabalho de Morgan, pois se reproduzia depressa com uma geração a cada doze dias, e sobrevivia com comida de baixo custo. Desta forma, o laboratório de Morgan passou a ser conhecido como a “sala das moscas”. Ele observava as moscas que ficavam em garrafas de leite através de uma lupa de joalheiro, e não encontrou nenhuma alteração. Quem fez as primeiras observações de moscas interessantes foi o então estudante Calvin Bridges, que trabalhava à época com Morgan, em 1909.

Já em maio de 1910, Morgan localizou uma mosca com olhos brancos, e não vermelhos. Separou esta mosca e a fez cruzar com fêmeas de olhos vermelhos. Depois acasalou os descendentes umas com as outras de várias maneiras. Os resultados foram a proporção 3:1 de moscas com olhos brancos, ou seja, as mesmas proporções mendelianas. Morgan em 1933 ganhou o prêmio Nobel de Medicina, se tornando o primeiro cientista a ganhar o prêmio na área de pesquisa em genética. Morgan foi muito importante para o estabelecimento da teoria cromossômica da herança que é um dos pressupostos básicos para a compreensão da hereditariedade.

Os avanços da genética mendeliana expandiram e amadureceram de forma surpreendente nos anos seguintes após 1900, e muito se deve a Bateson, mas também à simplicidade da nova teoria. Enquanto que no artigo, Gregor Mendel deixa bem claro seus passos metodológicos o que permitia sua reprodução e a testar suas generalizações, ou não⁷. O amadurecimento da genética subsequente também se deve aos progressos em citologia, com que Mendel não teve contato, pois a biologia celular permitiria explicar quase todas as descobertas, principalmente à citologia cromossômica.

No entanto, não há universalidade nas leis mendelianas da hereditariedade já que “o fato de que os sete caracteres de Mendel se associavam independentemente coincidia com o fato, descoberto mais tarde, de que a *Psium sativum* tem apenas sete pares de cromossomos” (MAYR, 1998, p. 843), pois “reconhecera apenas duas variantes de cada par: as dominantes e as recessivas. Mas isso não era válido para todos os pares de caracteres” (MAYR, 1998, p. 819).

A redução em uma dicotomia simples entre os alelos (dominante e recessivo) não expressa a genética como um todo, é uma simplificação excessiva. “Os genes podem existir em mais de dois estados alélicos, e cada alelo pode ter um efeito diferente no fenótipo” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 62). O próprio Mendel observou isso, com o fenômeno, atualmente, conhecido como codominância, onde não há relação de dominância entre os alelos, expressando um fenótipo intermediário. Mesmo assim, não tira o mérito do monge agostiniano. O conceito mendeliano de que só existem dois estados alélicos dos genes teve de ser modificado quando se descobriram genes com três, quatro ou mais alelos, como é o caso de um gene com alelos múltiplos (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 63).

Mendel em sua publicação restringiu-se ao nível do fenótipo (cor, tamanho, aparência), mesmo que a simbologia usada por ele (“A”, “a” e “Aa”) pudesse ser interpretada como constituição genotípica. Foi uma decisão sábia, devido à inexistência de uma ciência da hereditariedade e de termos hoje comuns à genética.

Antes de 1910 havia um consenso que um determinante (hoje gene, pois ainda era incipiente o conceito) originava uma característica, na proporção 1:1. “Daí que, quando se falava de um caráter unitário, realmente não importava se isso queria dizer a base genética subjacente ou a sua expressão fenotípica” (MAYR, 1998, p. 821). Com os progressos na genética, tornaram-se necessários termos técnicos para designar a genética e seus desdobramentos.

Bateson criou alguns termos e houve outras contribuições, como o termo técnico “gene” abreviatura de ‘pangene’ que o geneticista dinamarquês Wilhelm Ludvig Johannsen (1857-1927) propôs em 1909, sem definir claramente o termo. Na época foi aceito para designar a unidade da hereditariedade e coube aos trabalhos de Herman Joseph Muller

⁷ O artigo original de Mendel encontra-se traduzido em Língua Portuguesa em Mendes (2013).

(1890-1967) consolidar o termo. O termo gene proposto por Johannsen “faz referência a um conceito abstrato relacionado à ideia de ‘fatores’ ou ‘elementos’ de Mendel. Nesse sentido, o gene mendeliano pode ser entendido como uma unidade instrumental de cálculo para expressar a regularidade da transmissão de caracteres fenotípicos em cruzamentos” (SCHNEIDER et al., 2011, p. 204).

Porém, hoje o termo ‘gene’ é controverso por considerar ser uma inferência, com inúmeros significados e fonte de problemas na educação genética, por causar confusão entre os estudantes (JOAQUIM; EL-HANI, 2010), e também entre os professores da educação básica e universitários. Mesmo assim, o que se conclui é que o conceito de gene, atualmente, é polissêmico, tendo diferentes significados na literatura científica, portanto, difícil de definir sem um contexto claro.

Reconhecem-se três tipos de genes: o conceito mendeliano de gene, o conceito molecular clássico de gene e a concepção informacional de gene. Portanto, ao tentar definir gene, deve-se considerar certa flexibilidade para englobar as diferentes relações entre estrutura e função (SCHNEIDER et al., 2011).

“Com efeito, a partir de Morgan, passando por Muller até Watson e Crick, houve uma abordagem cada vez mais próxima de um conceito estrutural de gene. O termo ‘gene’ de Johannsen foi logo universalmente aceito” (MAYR, 1998, p. 822), e permitiu uma nova área de pesquisa genética, a mutação, e que posteriormente se uniu com a teoria da evolução das espécies por seus estudos com a variação; por isso ser a evolução um conteúdo estruturante. Percebe-se claramente o mendelismo nascendo junto com a biologia do desenvolvimento (evolução), mas trazendo sua novidade metodológica que é a associação entre a estatística e a genética; como resultado, “grande parte da história da Biologia é um relato dos triunfos dessa abordagem analítica” (MAYR, 2005, p. 83).

Os achados de Mendel foram lapidados por pesquisadores para que originassem a primeira e a segunda leis de Mendel. Mendel nunca anunciou nenhuma das leis a ele associado a partir de 1900: a 1ª e a 2ª Lei de Mendel, e o princípio da dominância quando um alelo pode ocultar a presença de outro (CALLENDER, 1988). As ‘leis’ que querem regulamentar a hereditariedade, dizem:

A primeira Lei de Mendel, também conhecida como a Lei da Segregação dos Fatores ou ainda de Princípio da Segregação: expressa que os fatores (genes) que condicionam uma característica hereditária existem aos pares e são separadas durante o processo de formação de gametas (por meio da meiose), sendo que estes fatores se segregam com igual probabilidade quando os gametas são formados, é o monoibridismo.

A segunda Lei de Mendel ou a Lei da Segregação Independente dos Fatores, também conhecida como Princípio da Distribuição Independente: expressa que os fatores (genes) que condicionam determinada característica são separados na formação dos

gametas e transmitidos para as gerações seguintes de modo independente dos fatores que condicionam outras características. Desta forma, os pares de fatores mendelianos para determinação de características diferentes se distribuem independentemente um dos outros na formação de gametas, é o diíbrido. Gregor Mendel fez pesquisas, incluindo outras espécies, até o ano de 1868. A partir de então, foi eleito Abade do monastério e passou a se dedicar às tarefas administrativas. Ele faleceu em 06 de janeiro de 1884, aos 61 de idade, provavelmente por problemas renais.

“A divulgação das chamadas ‘leis’ de Mendel resultou em uma avalanche de pesquisa que, nos dez anos seguintes, procurou verificar sua validade no estudo de cruzamentos de animais e vegetais” (MARTINS, 2002, p. 29). Por isso a relevância do trabalho de Morgan com a *Drosophila*, iniciado em 1910, no qual foi possível verificar as leis iniciais em outros organismos. Vestena; Loreto e Sepel (2015) chamam a genética mendeliana de herança monogênica “que corresponde à maior parte dos conteúdos de genética trabalhados no ensino médio. A construção e análise de heredogramas geralmente são as únicas informações sobre métodos de estudo em genética” (VESTENA; LORETO; SEPEL, 2015, p. 04).

Neste momento torna-se importante direcionar a discussão para o campo epistemológico, pois de acordo com Smart (1963) e Beatty (1995) (*in* ABRANTES, 2011) não existe leis em Biologia e sim, generalizações, inclusive na genética por ser um evento que ocorre apenas no planeta Terra; enquanto que Ruse (1970), Munson (1975) e Carrier (1995) (*in* ABRANTES, 2011), defendem que na Biologia há leis, porque a lei da segregação mendeliana é universal a objetos particulares, no caso, planeta Terra. A discussão não está resolvida, mas a incorporação da matemática à Biologia deu a última o *status* de Ciência e, portanto, merecedora de ter leis.

Para Santos, Silva e Franco (2015) a principal contribuição de Mendel “foi analisar matematicamente as proles híbridas resultantes de cruzamentos entre variedades de ervilhas (*Pisum sativum*) que serviram de subsídio para a proposição de um modelo microscópico de herança particulada” (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015, p. 979), o que permitiu fazer previsões.

A genética possibilitou uma ampliação na Biologia quando se uniu com a matemática e experimentos, “foi justamente essa associação entre matematização e experimentação nos estudos evolutivos que permitiu que as Ciências Biológicas adquirissem um *status* de ciência moderna” (ROQUETE, 2011, p. 58). De acordo com Mayr (2005) “a matematização permaneceu como a marca registrada da verdadeira ciência” (p. 30). Embora Mayr contestasse essa ideia, outros filósofos da ciência a engrandeciam. “Kant consagrou tal opinião ao dizer que ‘só há ciência genuína, em qualquer ciência, na medida em que contém

Matemática” (MAYR, 2005, p. 30), assim, uma valorização das pesquisas quantitativas ou que apresentam número.

Por isso que a maioria dos filósofos ignorou a existência da Biologia, ao se considerar a função de ser um elo importante entre as Ciências (Física e Química) e as humanidades (MAYR, 2005). A Biologia faz a intermediação entre essas duas áreas, mas ela própria, não se enquadrava em nenhum dos polos, até o surgimento e conhecimento da genética e da evolução, e atualmente, desde aproximadamente 1960, da ecologia. Hoje esta discussão já não ocupa tanto tempo e espaço em pesquisas.

Até aqui se percebe que a genética nasceu como uma ciência essencialmente experimental, empírica, o que se torna um empecilho para seu ensino, pois quando escolarizada, raramente a Biologia escolar emprega métodos experimentais rigorosos nos currículos. Os estudantes aprendem os experimentos de Mendel, mas os mesmos não os vivenciam devido a diversas situações, como a ausência de local apropriado, autonomia docente limitada, falta de recursos e de tempo. Por isso sua designação em ser um ensino descritivo, abstrato e memorístico.

Redirecionando para a genética empírica, é importante ressaltar que quando a genética de Mendel foi “redescoberta” em 1900, essa nova Ciência tinha uma importante função para o mundo científico após as publicações de Charles Darwin (em seu livro “A origem das espécies”), porque sua função, imposta pelos cientistas da época, era tentar responder “com suas leis da hereditariedade, viesse a fornecer as respostas para as grandes controvérsias sobre evolução que grassavam desde os dias de Darwin” (MAYR, 2005, p. 135). Entretanto, esta não era seu objetivo inicial.

Salienta-se que embora Mendel e Darwin tivessem sido contemporâneos, Darwin nunca leu o trabalho de Mendel, mas Mendel leu o livro “A origem das espécies” de Charles Darwin, lançado em 1859 e percebeu que Darwin estava equivocado acerca da hipótese da herança biológica.

Mayr (1998) acredita que Mendel enviou para Darwin uma cópia de seu artigo, mas acha pouco provável que Darwin o tenha lido. A leitura e compreensão de um pelo outro seria muito produtivo já que um completaria as descobertas do outro. Coube a seus seguidores e estudiosos esta função *a posteriori*, o que é contrariado no trabalho recente de Bizzo; Sano; Monteiro (2016), pois os estes autores acreditam que houve sim troca de correspondências entre Mendel e Darwin, contudo as referências não são definitivas se Charles Darwin leu ou não o trabalho de Mendel. Na teoria sintética da evolução na década de 1940 ocorreu a união da genética com a evolução, ou seja, os trabalhos de Mendel corroboraram para a teoria de Darwin, a seleção natural, revista por outros estudiosos.

Nas primeiras décadas do século XX, a ciência genética se caracterizava em ficar esperando a procriação dos organismos, do que propriamente analisar dados. Até que os

modelos foram substituídos e aprendeu-se a induzir mutações. Mas inicialmente era uma Ciência que exigia muita paciência, pois necessitava averiguar as características dos descendentes.

No século XX a genética vive seu surgimento e amadurecimento, e a partir de 1953, se redireciona para a parte molecular, uma vez que surge como a ciência que também estuda o ácido desoxirribonucleico - ADN, mais conhecido como DNA e universalmente reconhecido como material genético dos organismos celulares (BARBOSA et al., 2015). “O avanço das pesquisas biomoleculares, que ganharam visibilidade a partir da determinação do modelo de DNA [...] contribuiu para consolidar o lugar de uma Biologia moderna, ampliando seu prestígio” (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 44). O modelo do DNA de 1953 trouxe a genética para a biologia molecular, inaugurando a área de pesquisa genética molecular.

A genética passou a ter grande impacto na humanidade por meio das aplicações na saúde e na agricultura, portanto, na economia. Começou com o estudo do mecanismo de transmissão das características dos organismos dos pais para os filhos, isto é, como são herdadas, já que, até meados do século XX, ninguém sabia ao certo o que era o material hereditário.

No entanto, os geneticistas reconheceram que esse material tinha de satisfazer três requisitos. Primeiro, era preciso que se replicasse de modo que as cópias pudessem ser transmitidas dos pais para os filhos, papel semiconservativo do material genético, o DNA. Segundo, era preciso que codificasse informações para guiar o desenvolvimento, a atividade e o comportamento das células e dos organismos aos quais pertencesse. Terceiro, precisava mudar, ainda que só uma vez em grande período, para explicar as diferenças existentes entre os indivíduos (evolução).

De acordo com Scheid; Ferrari e Delizoicov (2005):

o termo biologia molecular foi proposto por Warren Weaver, da Fundação Rockefeller, em um relatório publicado na revista *Science*, de 1938, para descrever como os fenômenos biológicos podem ser compreendidos fundamentalmente pelo conhecimento das estruturas das moléculas e das interações e das alterações destas. Gradualmente foi sendo utilizado para designar mais especificamente as pesquisas relacionadas aos genes, mas apenas em 1953 é que se percebeu de forma dramática esta correlação estrutura-função, com a proposição da dupla hélice (2005, p. 225).

Durante várias décadas, os geneticistas se perguntaram qual seria o material hereditário. Então, em 1953, a estrutura do DNA foi elucidada e a genética teve seu segundo grande momento de esclarecimento. Em um período relativamente curto, os pesquisadores descobriram como o DNA funciona como material hereditário, isto é, como se replica, como codifica e expressa informações e como se altera.

Essas descobertas inauguraram uma nova fase da genética na qual os fenômenos poderiam ser explicados em nível molecular. Com o tempo, os geneticistas aprenderam a

analisar o DNA de genomas completos, inclusive o dos humanos. “O avanço – dos estudos da hereditariedade até os estudos de genomas completos – foi surpreendente” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 02).

Nas discussões sobre fenótipo, se considera o fator meio ambiente, definido de maneira mais geral possível, como participante em sua expressão, ou não. Na época de Mendel as discussões não tinham alcançado a este nível de considerar o meio ambiente influenciando o genótipo e fenótipo (SNUSTAD; SIMMONS, 2013).

Por estas considerações apresentadas percebe-se que a Ciência progride a cada nova descoberta, porque leva a novos questionamentos e em busca destas respostas, se fez/faz Ciência. A origem da genética está na pesquisa pioneira dos antecessores de Mendel, no próprio Gregor Mendel que descobriu como os traços genéticos são herdados, enquanto que a base molecular da hereditariedade foi revelada quando James Watson e Francis Crick elucidaram a estrutura do DNA (com contribuições dos trabalhos de Maurice Wilkins e Rosalind Franklin). No início do século XXI, o Projeto Genoma Humano despertou para análises detalhadas do DNA humano, e novas pesquisas tem sido divulgadas. Portanto, hoje há pelo menos cinco áreas na genética, como no quadro 2.2.1, sem esquecer-se de seus antecessores e seu potencial futuro.

Infere-se então que a genética é o ramo da Biologia que estuda a hereditariedade, ou herança biológica, que é a transmissão de características de pais para filhos, ao longo das gerações. E este ramo da Biologia ingressou nos currículos escolares, em princípio nos de nível superior para compreender doenças e ajudar no desenvolvimento da agricultura (1918 na Universidade de São Paulo) e depois, na educação básica para cooperar para o letramento científico dos indivíduos, porém sem a empiria originária de sua formação. A genética no Brasil neste contexto histórico também passa a se desenvolver.

Quadro 2.2.1. As cinco grandes áreas da genética

Momento histórico	Marcos	Personagens mais famosos	Classificação da genética	Realizações
Século XVI e XVIII	Produção de híbridos e descobrimento da reprodução sexual das plantas	Pierre Louis Moreau de Maupertius; Carl Friedrich von Gärtner, e Joseph Gottlieb Kölreuter	Precusores de Mendel. Experimentos com plantas	Estabelecimento da contribuição dos genitores para prole por meio da reprodução sexual das plantas
Século XIX Ano de publicação: 1866. “Redescoberto” em 1900	Os fatores (genes) e as regras da herança	Gregor Mendel	Genética mendeliana ou genética clássica	Descobertas das regras que governam a herança de características nos organismos
Meados do século XX Ano chave: 1953	A estrutura do DNA	James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin e antecessores	Genética molecular ou Biologia molecular	Descoberta do DNA como responsável pela herança e a elucidação de sua estrutura química
Início do século XXI Ano chave: 2003	Projeto Genoma Humano	John Craig Venter	Genética de populações ou genética da evolução	Análise detalhada do DNA humano e genes catalogados
Século XXI Ano chave: 2017	Edição do DNA de embrião humano	Equipe chefiada por Shoukhrat Mitalipov, da Universidade de Saúde e Ciência de Oregon; nos Estados Unidos da América (EUA)	Biologia molecular mais a tecnologia CRISPR/Cas9 ⁸	Tecnologia de edição gênica para alterar embriões humanos viáveis e em estágio inicial

Fonte: Mayr, 1998; Martins, 2002; Snustad; Simmons, 2013 – Modificado.

De acordo com Souza e colaboradores (2013), a genética passou a ser promovida no Brasil no final dos anos 1910 em institutos agrônômicos, onde foi introduzida em pesquisas sobre o melhoramento de plantas, já que surge como promissora área da Biologia Moderna, e discussões sobre o tema passam a surgir.

As pesquisas em genética, seu rigor metodológico e suas explicações para a manifestação da vida dão visibilidade e legitimidade aos discursos da área da genética. “Esse discurso é apropriado de diversas maneiras e por diversas pessoas e passa a ser

⁸ Uma tecnologia inovadora capaz de modificar o genoma de plantas, animais e microrganismos com mais rapidez, economia e eficiência do que as técnicas convencionalmente utilizadas e sem a necessidade de modificação genética. Essa é a CRISPR/Cas9 (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*), uma ferramenta que está revolucionando as pesquisas na área de genética em todo o mundo pela capacidade de editar o DNA e alterar características dos organismos em prol da sociedade. Abre um debate ético, pois a questão que agora permanece é se deve fazê-la e para que fins?

veiculado nos espaços mais distintos. Um desses espaços é a escola e nessa, a localização da veiculação desses discursos é a sala de aula via disciplina escolar” (SILVA; CICILLINI, 2009, p. 162-163).

Marandino; Selles e Ferreira (2009) em suas pesquisas sobre as tradições curriculares no ensino de Biologia, por meio de uma abordagem histórica, afirmam que as disciplinas obtiveram um lugar no currículo justificando sua existência por conta de sua pertinência e utilidade que atendessem às necessidades sociais de quem está na escola, passando a ensinar conteúdos mais abstratos e distantes da realidade e dos interesses dos estudantes, dando um ar de academicismo à genética por não ser possível realizar experimentações.

Porém, os estudantes do ensino médio permanecem sem vivenciar a prática, ou a participar da construção do conhecimento científico, já que “a seleção de conteúdos e de métodos mais próximos das Ciências mostrou-se insuficiente para atender às demandas de um público escolar heterogêneo e resistente aos formatos vocacionais acadêmicos pretendidos” (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 62). Logo, as disciplinas e conteúdos escolares são mediados por fatores sociais que não podem ser ignorados. A genética escolar está neste contexto, tentando se equilibrar entre a área acadêmica, quando responde às descobertas no campo científico, e, a área escolar, quando se tenta didatizar estas descobertas para os educandos da educação básica.

A ciência de referência foi a genética empírica formada por um histórico apresentado nesta seção, porém ao ser escolarizada o tema genética escolar passou a atender a cultura escolar, com técnicas de condensação em seus conhecimentos didatizados e na tentativa de mostra-los de forma concreta, por meio de ilustrações e esquemas, ricos no ensino. Portanto existem significativas diferenças entre os conhecimentos escolares e acadêmicos.

2.3 Ensino e aprendizagem da Biologia

A Biologia, por fazer parte das Ciências Naturais (também chamadas de Ciências da Natureza⁹), surgiu pela necessidade de intervenção na natureza e na busca de sua compreensão, sendo esta natureza biológica: os seres vivos, o corpo humano, a saúde, as doenças, as terapias, a herança de características, os seus recursos naturais, entre outros. Surge primeiro (no sentido de organização) como área acadêmica, para depois ser didatizada, escolarizada e ofertada na última etapa da educação básica, o ensino médio (EM).

⁹ Nomenclatura utilizada na matriz de referência do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). A matriz foi atualizada pela última vez em 20 de outubro de 2015. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/matriz-de-referencia>>. Acesso em: 19 de dez. de 2017.

Krasilchik e Marandino (2007) afirmam que uma das principais funções do ensino das Ciências Naturais é a formação do cidadão cientificamente alfabetizado, capaz de identificar o vocabulário e compreender seus conceitos, além de utilizá-los para enfrentar desafios e refletir sobre seu cotidiano. Para isto, a escola e os professores de Biologia têm grandes responsabilidades. Trivelato e Tonidandel (2015) concordam que a Biologia têm especificidades em seu ensino, o que a difere das outras Ciências Naturais, como os fenômenos da reprodução, organização hierárquica, adaptação, entre outros. “No mundo inanimado, há classes de elementos, e a variação entre eles é acidental. Entre os seres vivos, ao contrário, a variação é a regra; dentro de cada biopopulação, cada indivíduo é único” (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015, p. 101), o que torna o ensino de Biologia exclusivo nestes pontos específicos.

Temp e Santos-Bartholomei (2013) argumentam que a aprendizagem em Biologia é um desafio para os professores da educação básica, porque entender e relacionar um grande número de conceitos exige dos estudantes capacidade de abstração e entendimento de diferentes conteúdos para chegar a um conceito.

Os temas ligados à Biologia cada vez mais interessam os chamados públicos leigos, tomam espaço nas mídias, nos jornais, por meio de descobertas, controvérsias e revisões, pelas discussões e acertos dos erros conceituais que também instigam as pessoas. A partir da Biologia as pessoas aprendem sobre doenças que as afetam, sobre suas formas de prevenção, e recentemente (anos 2014, 2015, 2016 e 2017) tiveram-se os casos do vírus Ebola e atualmente, o Zika vírus, dengue, febre *Chikungunya* e a febre amarela, como exemplos. Assim como entram em contato e são alertados sobre questões que afligem suas vidas cotidianas, como a recente crise hídrica (2013-2014), o aquecimento global, a necessidade de praticar exercícios, a busca por uma melhor alimentação, exames para confirmar a paternidade, tratamentos, entre outros temas. Logo, há um processo educativo na presença da Biologia no currículo escolar, e, talvez seja a escola um dos únicos espaços que está conformada (quando se considera a educação como direito de todos) para ensinar os conteúdos de Biologia, assim como, problematizá-los¹⁰ com os estudantes de forma progressiva e dialógica.

Por possuírem um método único de ensino, as ciências de referências, tais como a Biologia, a Física e a Química, foram reunidas nas chamadas Ciências Naturais, o que ultimamente está desacreditado, por se aceitar que cada uma tem as suas particularidades e, portanto métodos de ensino diferenciados. A Biologia tem as suas especificidades que

¹⁰ “Problematizar é colocar-se na contramão dos discursos monótonos, promovendo a liberdade do pensamento, o que significa torná-lo crítico. Nesse contexto, aprender Ciências pode se tornar interessante e deixar de ser apenas uma obrigação que sacrifica a memória e instrumentaliza o raciocínio, fazendo do aluno um mero repetidor do que dizem o professor e os livros didáticos” (OLIVEIRA, 2005, p. 70).

são a vida e seus fenômenos que torna difícil ser reconstituída por um experimento (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

Na década de 1930 o caráter das Ciências Naturais era utilitário; já na década de 1960 foi fortemente influenciado pelo experimento que objetivava a vivência do método científico. Recentemente há a percepção das duas concepções com uma forte influência marcada pelo capitalismo globalizado e neoliberal (estado mínimo), embora estejam sendo constantemente recriadas pelos diferentes professores em diferentes espaços, especialmente quando há liberdade no currículo.

O que se percebe na atualidade é que não basta mais ao professor mediar e transmitir conteúdos disciplinares, sua função exige mais, como orientação, diálogo, conceitos, didática, apresentar e inserir a linguagem da Ciência, entre outras atitudes e habilidades, por ser uma pessoa mais experiente e referência para seus estudantes.

O EM apresenta paradoxos, e um deles é que a maior parte dos conteúdos disciplinares, principalmente nas Ciências Naturais, supõe que os estudantes sejam capazes de abstrair modelos e compreender explicações científicas, simples ou sofisticadas, pelas múltiplas tramas que o conteúdo atravessa, que sejam capazes de fazer uso social do conhecimento disciplinar, que sejam capazes de fazer críticas e que suponham uma experiência para a qual muitos não tiveram, e não têm oportunidade de obter, deixando apenas a descrição do professor preencher este vazio, seja em sua fala, desenhando no quadro, fazendo movimentos com seu corpo ou projetando uma imagem. Como exemplo, quando o docente vai explicar a biologia molecular.

Do mesmo modo, o professor que está preocupado com estes paradoxos assume o papel de professor-pesquisador em sua prática de ensino, porém nem sempre consegue isso, o que pode resultar na dependência de materiais prontos, como o livro didático ao se sentir inseguro na elaboração de seu próprio material. Logo, a discussão perpassa por políticas educacionais e pela valorização do magistério. A aeração nesta discussão se faz, precisa agora, chegar à prática: a sala de aula. “Não haverá mudança significativa de cultura na escolarização se não forem alterados os mecanismos que produzem a intermediação didática” (SACRISTÁN, 2013, p. 22). A mudança inclui discutir currículo.

Muitos motivos tornam o ensino da Biologia importante na formação de qualquer indivíduo, mas sua nomenclatura composta de termos exclusivos, com ciclos, desenhos, quadros, gráficos, lhe confere certo grau de complexidade. Na Biologia é aceita a extensa nomenclatura, porém além de os estudantes precisarem compreender tais nomes, precisam também associá-los com suas respectivas definições e relacioná-los de forma intradisciplinar (e até mesmo interdisciplinar), o que nem sempre é alcançado, o que faz com que estudem para as avaliações sem se importar com a aprendizagem da Biologia de fato, isso é o desdém citado anteriormente. “As Ciências Biológicas e a Biologia escolar

participam dos processos de produção do homem quando ele traz afirmações e verdades” (SILVA; CICILLINI, 2009, p. 164), usando conhecimentos advindos destas.

Partindo para o campo temático desta pesquisa (genética mendeliana escolar), poucos estudantes compreendem a relação entre genes, cromossomos e informação genética, que lhes permitam fazer conexões entre a duplicação dos cromossomos, a divisão celular e a passagem de informação genética entre as gerações (transmissão), confundindo ainda as células somáticas com as gaméticas no processo de fertilização. Logo, estes conhecimentos são pré-requisitos para a compreensão de temas mais profundos em Biologia, como: a estrutura e função do DNA e ácido ribonucleico (RNA) e, as leis de Mendel de segregação, porém são conceitos de difícil compreensão pelos estudantes (WILLIAMS et al., 2012).

Malafaia; Bárbara e Rodrigues (2010) chamam a atenção para a importância da função docente e o ensino de Biologia, pois “dependendo do que for ensinado, de como ela é definida e de como isso for feito, a Biologia pode ser considerada uma das disciplinas mais relevantes e merecedoras da atenção dos alunos ou uma das disciplinas mais insignificantes e pouco atraentes” (2010, p. 172). A maior parte do saber científico ensinado na escola acaba sendo rapidamente esquecido (CORAZZA-NUNES et al., 2006), o que chama atenção para a didática do professor.

Maturana (2014) contribui nesta discussão ao chamar a atenção para o papel da emoção para o aprender, logo, quanto mais tocado pelo conteúdo, e isto deveria ser relativamente fácil dentro da Biologia já que todos os seres vivos a vivem, é mais fácil aprender o conteúdo proposto quando instigados a explicá-los a um observador.

Para ocorrer o aprender, é essencial haver uma transformação de maneira específica pelo desencadeamento de mudanças correspondentes; e a ocorrência da aprendizagem dependerá estruturalmente das interações do agente externo atuante sobre o indivíduo para alterar seu equilíbrio (MATURANA, 2014).

Para Mora (2017) aprender é uma essência dos humanos, como no relato:

Aprender é uma das condutas mais antigas do mundo (conscientes ou inconscientes). Aprender é inato. Aprender é intrínseco ao processo da vida em si, um processo consubstancial a sobrevivência, como o comer, beber o reproduzir-se, e mesmo este último requer um processo de aprendizagem particularmente presente nos primatas e humanos. Aprender é, em sua essência, ser capaz de sobreviver. E sobreviver é uma lei suprema de todo organismo. Aprender é um processo cuja maquinaria molecular genética já existe nos seres unicelulares e desde então um processo molecular elaborado nos seres com sistema nervoso, começando com os invertebrados (MORA, 2017, p. 95 – tradução livre).

Para que a aprendizagem ocorra torna-se necessário que sejam estabelecidos estímulos no sistema nervoso. Desde o nascimento os indivíduos aprendem devido aos estímulos dados do mundo em que vivem. O pesquisador Mora (2017) afirma que a

aprendizagem é um ato de sobrevivência e inicia-se com a curiosidade e a partir daí novos conhecimentos podem ser adquiridos. Particularmente os humanos são uma máquina de aprender constantemente, desde o nascimento até a morte, aprende-se o tempo todo. Mas a escola valoriza a aprendizagem acadêmica e que possa, de alguma forma, ser mensurada por avaliações.

As autoras Krasilchik e Marandino (2007) afirmam categoricamente que ensinar Ciências não se trata de:

Realizar exercícios de laboratório seguindo “receitas”, sem promover discussões para análise de procedimentos e resultados.

Usar “fórmulas” para resolver problemas sem discutir o seu significado e propostas alternativas.

Fazer os alunos decorarem termos que não mais serão usados durante o curso.

Priorizar na sequência do curso e das aulas o conteúdo sem levar em conta fatores que promovam a motivação e o interesse pelo mesmo.

Não relacionar e exemplificar sempre que possível o conteúdo ao cotidiano e às experiências pessoais dos alunos.

Não apresentar aplicações práticas do que é ensinado.

Não criar situações para realização de experimentos mesmo em situações adversas de trabalho, falta de material, classes numerosas, entre outras.

Permitir que os alunos pensem que a Ciência está pronta e acabada e que os conhecimentos atuais são definitivos.

Não apresentar a evolução histórica da ciência.
(KRASILCHIK; MARANDINO, 2007, p. 53 e 54).

As questões acima mencionadas por Krasilchik e Marandino (2007) se somam para induzir um papel passivo aos estudantes, que decoram as questões passadas para serem aprovados nas séries escolares, não colaborando para a aprendizagem e pensamento crítico dos estudantes.

O aprender precisa permitir novas formas de participar de práticas sociais, expandir o conhecimento e não somente em uma mudança pontual da sua participação, normalmente na avaliação. Quando se aprende, há uma mudança na participação do sujeito. Os autores Vilas Boas e Barbosa (2016) compreendem “a aprendizagem como uma mudança no padrão de participação do sujeito na prática social. Por padrão de participação, entendemos uma regularidade nas participações do sujeito” (2016, p. 1100). Esta regularidade na participação pode indicar aprendizagem e permitir novas aprendizagens.

Na comunidade social escolar nem todos os membros aprendem uns com os outros, nem sempre é conseguido a equanimidade desejada, “já que não há necessidade de que os diversos membros de uma comunidade social apresentem os mesmos aspectos referentes aos seus interesses e competências” (VILAS BOAS; BARBOSA, 2016, p. 1101).

Diante deste cenário de tantos problemas, como motivar os estudantes para o ensino e aprendizagem da Biologia no ensino médio? Fontoura; Pierro e Chaves (2011) trazem sugestões sobre o processo educativo, mostrando a “didática como uma instância mediadora do processo pedagógico” (p. 12). Considerando que o ensino perpassa a

“transmissão do conhecimento”, os autores também discutem que: “a didática pode tornar mais fácil, mais satisfatória, mais eficiente e mais prazerosa a atividade de ensinar e aprender” (FONTOURA; PIERRO; CHAVES, 2011, p. 23). Para isso, o professor deve se envolver com a pesquisa de seu fazer, para ampliar seus conhecimentos, não apenas científicos, para permitir a criação e produção de conhecimentos e seu uso social pelos educandos.

Gouw; Mota e Bizzo (2013), afirmam que para motivar os estudantes a aprender é importante que a escola considere os temas que despertem o interesse dos educandos. Assim, é possível aumentar a sua motivação e seu aprendizado. A genética, por ser um conteúdo atual e vivida por todos os seres vivos, tem grande potencial para despertar o interesse dos estudantes/cidadãos, pois, para Pérez; Muñoz e Peña (2017) enquanto progride em seus estudos, os discentes compreendem melhor que os seres vivos são formados por células e pela genética, já que adquirem uma maior capacidade de abstração e compreensão pela temática.

2.4 Ensino e aprendizagem da genética mendeliana

O tema genética é uma parte importante da Biologia, e pesquisadores discutem que “o ensino e a aprendizagem de genética são considerados, por diferentes autores, como os mais difíceis dentro da Biologia” (TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2014, p. 359). Isso porque exige a inter-relação de conteúdos e matérias, ou seja, a discussão intradisciplinar e interdisciplinar, a existência de conceitos abstratos e o excesso de terminologias e metodologias inadequadas para o ensino. Tais itens são apontados como fatores que propiciam a dificuldade da consolidação da aprendizagem, considerando-se que aprendizagem é mudança de comportamento e que este novo conhecimento deve avançar pelos muros escolares compondo o rol de conhecimentos dos estudantes/cidadãos. Uma vez que os conhecimentos relacionados à genética, como a biotecnologia, estão em constante expansão, tornam-se necessárias discussões frequentes para eleger quais conteúdos são essenciais para o ensino (AYUSO; BANET, 2002; TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2014).

Segundo De Oca (1995) há quatro perspectivas de investigação para a aprendizagem, sendo elas: a aprendizagem dos conceitos; as diferenças individuais; o desenvolvimento do pensamento e a resolução de problemas. Cada estudante tem o seu tempo e suas habilidades para desenvolver as quatro perspectivas para a aprendizagem. E, quando se aprende um novo conceito, há o vislumbre para que novas aprendizagens ocorram.

Isto posto, são os temas de genética mendeliana: biologia celular, biologia molecular, divisão celular, gametogênese e, 1ª e 2ª lei de Mendel (a genética mendeliana que é a de transmissão), oportunizando a abordagem do tema evolução das espécies (SNUSTAD; SIMMONS, 2013). Como bem apontam Belmiro e Barros (2017) há uma descontinuidade curricular nos temas necessários à compreensão da genética, o que vem dificultando sua aprendizagem e tomada de decisões pelos cidadãos, se for necessário, porque os conteúdos estruturantes estão em distintas séries escolares.

“Ensinar não é o mesmo que aprender. Por isso, se o aluno não aprende, todo o esforço feito para ensiná-lo está perdido” (BORDENAVE; PEREIRA, 2011, p. 41). O conhecimento de genética pelo público leigo é muito rudimentar ao mesmo tempo em que gera interesse em sua compreensão, como afirmam Justina e Ferla (2006). A educação genética é que tem se mostrado falha, como será visto a seguir.

As autoras Trivelato e Tonidandel (2015) afirmam que “os seres vivos estão sujeitos à causalidade dual – respondem às leis naturais, como de resto o fazem todos os integrantes do mundo inanimado, e ainda respondem ao programa genético” (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015, p. 101). Todas as atividades, em qualquer organismo vivo, são afetadas pelo programa genético. Desta forma, se percebe a importância no ensino e aprendizagem da genética escolar para a compreensão deste tema junto aos educandos da educação básica.

A genética é uma área com constantes avanços e vários conceitos que são bases para a compreensão de assuntos em voga no momento, como: organismos transgênicos, desenvolvimento de células-tronco para o combate de doenças, fecundação *in vitro*, clonagem de organismos, banco de células de cordão umbilical, entre outras; por tudo isto é difícil até para os especialistas na área se manterem atualizados, quanto mais os professores da educação básica.

Os assuntos relacionados à genética e suas tecnologias que fazem parte do conteúdo escolar; são conceitos científicos apresentados de forma abstrata, descritiva e não têm despertado o interesse nos estudantes pela aprendizagem, mesmos que os educandos tenham curiosidades pela ciência da hereditariedade, o que é uma contradição (VESTENA; LORETO; SEPEL, 2015). A problemática então pode estar na metodologia de ensino e na fragmentação do conhecimento (BELMIRO; BARROS, 2017). Não há um único responsável, é uma trama de situações que colaboram para a baixa aprendizagem do tema genética. Questiona-se inclusive a seleção e a organização dos conteúdos nas séries escolares (SELLES; FERREIRA, 2005; SELLES et al., 2009).

De acordo com Silvério e Maestrelli (2013) “para o aluno aprender é necessário que reconstrua internamente os conhecimentos e estabeleça relações entre eles, e que a falta de conexões entre as informações que detém e aquelas exigidas” (p. 178) contribua para

seu insucesso, por conta de não ser o ensinamento linear e/ou transversalizado. “O ensino só tem sentido, porém, se for organizado de forma a promover a aprendizagem nos alunos e, conseqüentemente, o desenvolvimento das capacidades psíquicas: memória, atenção, percepção e raciocínio” (PEDRANCINI; CORAZZA; GALUCH, 2011, p. 111). Considera-se que a aprendizagem adianta ao desenvolvimento dos educandos, como a intervenção de alguém mais experiente, podendo ser o professor, um colega e até mesmo um recurso (MATURANA; VARELA, 2011; MATURANA, 2014).

A aprendizagem é “atingida quando o estudante consegue falar sobre o conceito, pensar com o conceito, abstrair o conceito e, principalmente, generalizá-lo em várias situações que extrapolam o ambiente escolar” (PEDRANCINI; CORAZZA; GALUCH, 2011, p. 130). Estas pesquisadoras desejam que os conceitos espontâneos progridam para conceitos científicos.

Schneider e colaboradores (2011) afirmam categoricamente que a dificuldade na aprendizagem de genética engloba todas as esferas: estudantes, tanto do ensino médio, quanto os universitários; professores, tanto da educação básica, quanto os universitários e esta situação tem chamado a atenção para o ensino da genética como área de pesquisa.

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. Vários estudos mostram 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, e também nos materiais didáticos. 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. Dessa forma, as tendências relacionadas à genética ganharam novos espaços e passaram a fazer parte de um discurso presente na sociedade (SCHNEIDER et al., 2011, p. 202).

Já Temp; Santos-Bartholomei (2013), discutem que “o conteúdo de genética é problematizador porque envolve o saber matemática (cálculos de probabilidade), capacidade de interpretação de textos, conhecimentos químicos e biológicos” (TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2013, p. 14), ou seja, para compreender genética os estudantes precisam dos conteúdos estruturantes e de uma compreensão intradisciplinar e interdisciplinar. Há críticas em ensinar genética atrelada ao cálculo, pois se afirmam que para aprender os conceitos de genética não é necessário uso da matemática (SILVÉRIO; MAESTRELLI, 2013).

É necessário entender quais os sentidos que os estudantes dão aos conteúdos da genética, e seus pré-requisitos, quando são introduzidos pela primeira vez neste tema. Ao fazer isto, é possível que os professores estejam mais bem preparados para ensinar, pois

conhecerão os entraves apresentados por aqueles estudantes, verificando suas concepções prévias (WILLIAMS et al., 2012). Como segue na reflexão:

Atualmente, a amplitude de conceitos relacionados ao ensino de Genética no Ensino Médio abrange as leis de Mendel e suas extensões, a análise de heredogramas, o estudo da ligação e mapeamento genético, as variações cromossômicas e determinação do sexo, além de outros conceitos básicos (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015, p. 978).

De acordo com Santos; Silva e Franco (2015) uma das questões inerentes ao ensino de genética é a sua escala microscópica do material genético, exigindo o uso de analogias para ensiná-la, o que nem sempre é alcançado pelos estudantes porque lhes faltam experiências, tornando-se assim, em mais uma dificuldade para sua compreensão. Junta-se a isso a “falta de compreensão dos processos celulares envolvidos na formação dos gametas em organismos sexuais” (p. 978).

No caso da Genética, existe uma série de conteúdos propostos como essenciais para o seu entendimento, que incluem fundamentos de matemática e estatística, mas, essencialmente, de Biologia Celular. Nesse sentido, a falta de integração entre as disciplinas de Genética e Biologia Celular na sala de aula pode ser reflexo da fragmentação de tais disciplinas nos livros didáticos, que, muitas vezes, são a principal ou, mesmo, a única fonte de consulta e estudo para os discentes e docentes, sendo, portanto, um potencial replicador de problemas no processo de ensino-aprendizagem (SANTOS; SILVA; FRANCO, 2015, p. 984 – grifo nosso).

Para superar o entrave no ensino e aprendizagem da genética, estes autores sugerem uma melhor organização dos conteúdos em materiais didáticos, como nos livros, que forneça um eixo integrado entre diferentes temas/conteúdos da Biologia, como a citologia, pois dessa forma favorece uma prática docente possível de compreensão do conhecimento científico pelos estudantes. A organização curricular também tem um papel na melhoria do ensino e aprendizagem de tais conteúdos.

Contudo, como bem chama a atenção a discussão de Pozo e Crespo (2009), para aprender genética, convém compreender a terminologia e o vocabulário empregado nesta ciência. A linguagem da genética é outro limite à sua aprendizagem, pois “há conceitos que possuem um significado diferente na linguagem cotidiana e nos modelos científicos” (POZO; CRESPO, 2009, p. 93).

Segundo Trivelato e Tonidandel (2015) uma das características mais marcantes da cultura científica é a sua linguagem. Seu acesso indica relações com a natureza da ciência e está fortemente ligada ao processo de formulação de novas ideias. Portanto, é importante desenvolver a linguagem científica para que todos possam participar democraticamente das discussões científicas. Já a escrita, funciona como a materialidade do pensamento ao refletir um estilo de pensamento. Atividades que contemplem a escrita do estudante tendem a promover que o discente estruture e organize “seu pensamento, registre e comunique sua

produção de conhecimento bem como amplie as relações sociais que estabelece para além dos muros da escola” (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015, p. 105).

De acordo com Fang (2005), os textos científicos apresentam uma densidade de termos técnicos muito intensos, devido às especificidades da linguagem científica; também questiona a abordagem abstrata dos termos, pois para o professor pode fazer sentido, mas os estudantes precisam de outros recursos além da oratória e do modelo da transmissão-recepção de uma aula verbalista, descritiva e ou expositiva; precisam de suas próprias experiências.

Na mesma direção, Thörne; Geticke e Hagberg (2013), afirmam que um dos problemas para o ensino de genética também é a sua linguagem, já que a mesma desempenha um papel central na aprendizagem das ciências; chamando a atenção para melhorar inclusive no uso pelos professores, já que os docentes são importantes para o aprendizado dos estudantes, tornando-se uma fonte de informação, referência e consulta para os escolares. A linguagem científica é uma barreira importante para a maioria dos estudantes para o entendimento das Ciências. Desta forma, os professores assumem um papel crucial para ajudar os estudantes a conhecerem e a dominarem a linguagem típica da Ciência escolar. Apesar disso, os mesmos pesquisadores afirmam que na linguagem da genética as pessoas aplicam metáforas para compreender os fenômenos genéticos, o que pode levar a confusões. E alertam para a complexidade dos termos usados nos livros didáticos. Tal achado também se reflete nos livros didáticos brasileiros, em que há um grande número de nomes técnicos com definições bem específicas e palavras novas para os estudantes.

Há a presença de um glossário nos livros didáticos de Biologia, mostrando que os próprios autores e editores compreendem a problemática da questão da linguagem; porém, em genética são mais de mil palavras específicas e praticamente exclusivas desta área, muitas apresentam sinônimos e outras permanecem, mas há mudança na definição, como é o caso de ‘gene’¹¹. A questão da linguagem deve ser considerada um desafio a ser enfrentado. Os autores Knippels; Waarlo e Boersma (2005) afirmam que os estudantes devem adquirir a “alfabetização genética”, porém neste estudo, prefere-se o uso letramento científico, ou letramento genético, quando há o uso social e crítico de tais termos, e os mesmos extrapolam os muros escolares fazendo parte da cultura do estudante. Outros entraves aparecem na junção da genética com a linguagem, como segue:

Outro problema é o uso de sinônimos, porque acrescenta a um já grande número de termos dentro da genética e implica que os estudantes podem ter que aprender várias palavras com o mesmo significado. E há palavras com significados ligeiramente diferentes e são por vezes mal utilizados

¹¹ SOCIEDADE BRASILEIRA DE GENÉTICA, XX Encontro de Genética do Nordeste (XX ENGENE), 2014, 05 de novembro de 2014. Campina Grande, PB. Preleção da Dr^a Eliana Maria Beluzzo Dessen (IB-USP), editora da Revista Genética na Escola.

como sinônimos. Ambos os problemas são, em parte devido ao desenvolvimento histórico da terminologia da genética (TRÖRNE; GERICKE; HAGBERG, 2013, p. 687 – tradução livre).

Os estudantes até têm acesso aos termos da genética e em sua discussão intradisciplinar, mas são menos conscientes em seus significados. Franzolin (2013) questiona se a dificuldade do ensino de genética é justamente o fato de tais assuntos estarem sendo ensinados de forma desconectada com os tópicos da ciência da hereditariedade em distintas séries escolares.

Os professores e os livros didáticos podem explicar o conteúdo de formas diferentes, usando várias palavras, mas o conteúdo permanece semelhante por causa dos padrões temáticos. Há uma grande complexidade na comunicação da genética em sala de aula, contribuindo para aumentar os problemas que os estudantes têm em relação à genética. Por isso ser o livro didático um importante canal para a compreensão da genética, mas como o ensino de genética é complexo por requerer muitos conhecimentos prévios (intradisciplinar), o livro tem se mostrado com muitos conteúdos, e na sala de aula, existem os limites, como afirmam Brandão e Ferreira (2009):

de ensinar o raciocínio mendeliano sobre os mecanismos da hereditariedade também reside no fato de que, ao tomar o primeiro contato com a genética, o aluno deve aprender um vocabulário novo e dominar conceitos de Biologia da reprodução, bem como se deparar, para muitos pela primeira vez, com uma abordagem quantitativa da Biologia (BRANDÃO; FERREIRA, 2009, p. 60 e 61).

O vocabulário da Biologia e da genética é considerado normal e aceitável dentro desta disciplina. Assim, Brão e Pereira (2015) sugerem que os vocabulários sejam empregados com mais frequência nas aulas e nas estratégias didáticas, o que possibilitaria maior familiaridade com os mesmos pelos educandos.

Por esta apresentação é percebido que a questão da terminologia da genética na educação básica é uma questão problemática que não é exclusiva do ensino brasileiro, pois autores internacionais compartilham das mesmas angústias, ao afirmarem que a linguagem da genética é uma dificuldade para a aprendizagem.

Além da linguagem e vocábulo, há outros obstáculos para aprender genética, como apontam Silvério e Maestrelli (2013) que “têm sua origem em dificuldades próprias do aluno; outras resultam da desarticulação que os programas de ensino de Biologia estabelecem ao desvincular os processos de divisão celular (mitose e meiose) dos mecanismos de transmissão hereditária” (p. 180); é a descontinuidade curricular. Bonzanini e Bastos (2005) afirmam ser fundamental enfrentar os desafios para o ensino de genética, uma vez que para os autores:

[...] é impossível admitir que os indivíduos permaneçam alheios às descobertas realizadas e seus múltiplos desdobramentos, e cresce, portanto, a necessidade de a escola e os professores oportunizarem a

discussão destes assuntos cada vez mais presentes no cotidiano das sociedades contemporâneas.

Os estudantes de hoje formam parte de uma sociedade na qual as tecnologias genéticas ganham um espaço progressivamente maior. Chegará o momento em que se exigirão decisões pessoais relacionadas aos resultados destas tecnologias e tais decisões serão cruciais nas respostas da sociedade (2005, p. 02).

Transmitir informações de forma direta não tem sido uma metodologia de ensino eficaz para abordar a genética escolar, assim como nenhum outro conteúdo, devido, entre outros motivos, aos inúmeros estímulos hoje presentes na sociedade. Permanece o desconhecimento ou rejeita-se acriticamente as novas descobertas em genética, já que prevalece a transmissão de conhecimentos de forma tradicional, com conteúdos clássicos, uso de livro, aulas expositivas e resoluções de exercícios; esta concepção pode passar a ideia de que o discurso da genética só existe na escola, por não ser contextualizado (BONZANINI; BASTOS, 2005; FREITAS, 2013; SILVÉRIO; MAESTRELLI 2013).

A aprendizagem pressupõe ensino, intencionalidade, organização, sistematização, atualização dos conteúdos, instrumentalização docente, e recursos que colaborem para o ensino. A genética mendeliana escolar precisa fazer sentido para os estudantes aprenderem, em detrimento à memorização. Para Banet e Ayuso (1995), a genética é uma área de difícil compreensão para os estudantes, e também para muitos professores, e isto se deve à complexidade dos conteúdos, precisando da discussão intradisciplinar para compreender os fenômenos da herança e, principalmente devido às estratégias de ensino que privilegiam a resolução de exercícios. Wenzel afirma que para ocorrer aprendizado é importante a apropriação e a significação dos conceitos trabalhados em sala de aula (WENZEL, 2013). É importante ter um *corpus* conceitual para a genética e é esta falta que traz tantos limites a sua aprendizagem.

A genética mendeliana escolar por suas particularidades, que se mostram mais como limites do que como possibilidades e oportunidades para a escolarização dos estudantes, se mantém com um discurso distante dos educandos, não fazendo parte de sua cultura. No entanto, “a escola, com todas as críticas, ainda tem sido o local ideal para a realização do processo de ensino e aprendizagem” (SANTOS, 2005, p. 28). A escola é um agente influenciador e influenciada pelo processo social, ainda mais quando fomenta novas abordagens e estratégias para ensinar e problematizar junto com os jovens o conhecimento científico. Como garantem Melo e Carmo:

Sobretudo no Ensino Médio, quando o indivíduo está prestes a concluir uma etapa consideravelmente relevante de sua vida na educação básica, é muito importante que haja uma construção do conhecimento de qualidade e, sobretudo proporcionando uma fundamentação teórico-prática mais consistente. É nesse momento escolar do ensino que os alunos terão uma estruturação preparatória para prosseguir na convivência em sociedade, especialmente no que se refere à sequência dos estudos, de forma que o embasamento construído ao longo do processo de ensino possibilite o pleno

aprendizado dos principais fundamentos da genética [...] pelos discentes (MELO; CARMO, 2009, p. 595).

A etapa do EM é importante uma vez que nem todos os estudantes que terminam a educação básica farão um curso superior. Assim, os conhecimentos ofertados no EM deveriam contemplar a todos que chegam a esta etapa de forma a usar e a buscar os conhecimentos quando necessário.

As dificuldades relacionadas à genética se devem tanto à complexidade do *corpus* conceitual que essa área comporta, quanto à forma da escola conceber, organizar e desenvolver o ensino, uma vez que conceitos considerados básicos de genética, como sua relação DNA/cromossomo e a divisão celular não são compreendidos pelos estudantes, e isso conseqüentemente atrapalha no aprendizado dos educandos. Tal situação pode ser o reflexo da forma de organização dos conteúdos nas séries escolares e dos próprios livros didáticos que geralmente seguem uma sequência e também não conseguem relacionar os diferentes conteúdos de genética de forma intradisciplinar e transversalizado, culminando na situação em que os estudantes não compreendem como ocorrem os fenômenos relacionados à hereditariedade (SCHNEIDER et al., 2011). E retorna-se para o conceito de Bizzo (2009), o “placebo pedagógico”.

Ressaltar tais problemáticas fomenta novas possibilidades para a abordagem da genética na educação básica. Uma delas é problematizar a questão do DNA na genética e sua relação com a evolução das espécies. Já que a genética é vista como unificadora dos conhecimentos de toda a Biologia (MAYR, 1998).

O DNA traz as informações genéticas do indivíduo; o modelo do DNA que rendeu o prêmio Nobel em 1962 coopera para a compreensão da genética, pois é objeto da mesma. Tal modelo explicita como a hereditariedade funciona nos organismos celulares. Trata-se, portanto, de um modelo conceitual, pois é uma representação externa para facilitar a compreensão ou o ensino de determinado fenômeno, no caso, a genética (ANDRADE; CALDEIRA, 2009). Seu entendimento é crucial para o avanço do ensino da genética, carecendo ser conceituado, contextualizado e problematizado.

Dentillo (2009) afirma que há inúmeras dificuldades em difundir conceitos de genética para estudantes da educação básica. Já Scheid e Ferrari (2006) relataram que nem mesmo os conceitos básicos de genética, como a relação de gene e cromossomo e a divisão celular são bem compreendidos pelos educandos após os anos da educação básica, concluindo que os temas relacionados à genética são apontados como uma das maiores preocupações no ensino de Biologia.

O ensino da genética escolar pode ser um dos temas mais motivadores para os estudantes à medida que estes encontram facilmente aplicações na vida real, como testes genéticos, exame de DNA, presença contínua em seriados e mídias eletrônicas, entre outros, despertando o interesse pelo assunto (PORRAS; OLIVÁN, 2013).

Até agora a discussão girou em torno das dificuldades de aprendizagem, da vontade, ou não do estudante, realçando os problemas de ensinar genética. Apesar disso, os professores também fazem parte do processo educativo e estão dentro da discussão do ensino e aprendizagem da genética na educação básica, se o objetivo é buscar sua melhoria. Goldbach e colaboradores (2013) alegam que é preciso investir na educação continuada dos professores, “já que o tema genética requer atualização contínua e apresenta-se como difícil compreensão” (GOLDBACH et al., 2013, p. 1571); desta forma é preciso ter um olhar para quem ensina – os professores e para quem aprende – os estudantes. E ofertá-los, a ambos, uma formação capaz de acompanharem e compreenderem os discursos da genética na sociedade. Os professores são inseguros para abordar genética, por diversas alegações, como a de ser uma área com muitos avanços, “pois muitos professores que estão atuando em sala de aula se formaram há muitos anos e esses não possuem uma formação teórico-prática atualizada” (BRÃO; PEREIRA, 2015, p. 56), apresentando muita dificuldade principalmente na biologia molecular, genética e biotecnologia. Isto os faz focar no ensino, principalmente da genética clássica (mendeliana de transmissão) e ficar dependente do livro didático.

Arroyo (2011) afirma que os professores da educação básica são inferiorizados quando comparados com os professores do nível superior, a própria terminologia ‘educação básica’ já inferioriza os docentes e fere sua autoestima. “Os próprios nomes refletem hierarquias inferiorizantes para a educação básica, o que legitima as visões inferiorizantes dos profissionais que trabalham nesses níveis tidos como primários, elementares” (ARROYO, 2011, p. 45).

Para ensinar precisa-se, pensar e olhar para o corpo docente, já que os assuntos relacionados à genética estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, porém nem sempre os professores estão preparados para abordar tais temas, ou acompanham as novidades da área, que às vezes suscitam polêmicas e discussões que podem levar a formulação de pré-conceitos ou conceitos errados em relação à genética, seus conteúdos estruturantes e suas tecnologias (RIBEIRO; SANTOS, 2013). Metodologias para abordar genética também são latentes para discussões.

Todavia, Rodrigues faz uma afirmação provocadora acerca dos conceitos científicos, mas baseada em estudos, quando diz que “quanto mais próximo da vida cotidiana sejam as situações apresentadas ao estudante mais difícil é conseguir que eles venham a formar um conceito científico” (RODRIGUES, 2012, p. 61). Provavelmente por requerer que os estudantes façam várias conexões, com seu contexto social, cultural e escolar e suas experiências no decorrer de sua vida. Assim mesmo, existe a necessidade de uma continuidade destas propostas de ensino da educação científica para fazer sentido aos estudantes, como o uso e/ou construção de recursos didáticos.

Quando os estudantes constroem ou usam recursos didáticos, materiais didáticos, recursos didáticos ou modelos didáticos (todos considerados neste trabalho como sinônimos de estratégias didáticas), são recursos interessantes para os processos educativos. Conforme afirmam Paz et al. (2006):

Os modelos são a essência das teorias e podemos classificá-los em três categorias: modelo representacional, conhecido como maquete, sendo que é uma representação física tridimensional (ex. terrário, aquário, estufa, etc.); o modelo imaginário é um conjunto de pressupostos apresentados para descrever como um objeto ou sistema seria (ex. DNA, ligações químicas, etc) e o modelo teórico, que é um conjunto de pressupostos explicitados de um objeto ou sistema (ex. sistema solar, ciclo da chuva, ciclo do carbono, etc). Alguns modelos teóricos são expressos matematicamente (PAZ et al, 2006, p. 136 – grifo nosso).

Na genética usa-se comumente código de letras para representar genes alelos, sendo importante apresentá-los para representar diferentes genes aos estudantes. É uma forma tradicional de divulgação da genética mendeliana, que é recriada pelo professor, como exemplo o código: *azinho* (letra “a” minúscula) representa o gene recessivo e *azão* (letra “A” maiúscula) representa o dominante. É uma forma estável na genética amplamente replicada na escola, em jornais e livros didáticos. Mas, para o estudante isto pode não significar absolutamente nada. É um código da genética que muitos estudantes não compreendem.

Os conteúdos em genética significam “letras, que passaram a significar genes, e estes, em conjunto, passaram a representar os conceitos de heterozigoto e de homozigoto” (FREITAS, 2013, p. 109). Dessa maneira:

Quem trabalha, didaticamente, no ensino está voltado para conseguir, intencionalmente, aprendizagem pelo ensino. É desse fenômeno, portanto, que trata a didática: do ensino que implica desenvolvimento, formação humana e profissional. E mais: não se limita o bom ensino ao avanço apenas no plano cognitivo/intelectual, mas envolverá igualmente a afetividade, a moralidade, a sociabilidade, a cultura; em outras palavras, o diálogo entre a objetividade e a subjetividade, o individual e o coletivo, o ensino e a pesquisa, a teoria e a prática, o instituído e o instituinte, a norma e vida, a razão e a emoção, na intenção da formação integral de professores/as e alunos/as do homem professor/aluno/professor (FONTOURA; PIERRO; CHAVES, 2011, p. 23).

No ensino e aprendizagem a relação professor e educando precisa ser saudável o suficiente para que haja espontaneamente interações. Pelo lado do professor, a docência exige além do domínio do conteúdo específico, capacidade de incentivar os estudantes, prestar atenção a suas dificuldades e ao seu progresso, ou não, estimulá-los no avanço dos estudos. Por sua vez, os estudantes apreciam mais aulas dadas por professores atentos ao relacionamento que se estabelece e competentes em seu fazer, agindo ao motivá-los. “A afetividade desempenha papel importante na motivação dos estudantes diante das atividades propostas, dos professores da instituição, e, conseqüentemente, do desempenho e da aprendizagem” (FONTOURA; PIERRO; CHAVES, 2011, p. 120).

A aula tradicional na qual o professor é o provedor do conhecimento e o estudante é o consumidor desses conhecimentos, no melhor dos casos, continua sendo um modelo de aula muito presente nas salas de aulas; e não deve ser demonizada, pois tem suas funcionalidades no processo educativo. Há casos que esta escolha foi feita pelo professor por comodismo, há casos em que os professores escolheram esta metodologia, e há casos em que os professores aprenderam Ciências desta maneira, logo desconhecem a didática para ensinar Ciências de outra forma. Como exemplo:

O ensino da Ciência assumiu tradicionalmente a ideia de que ambas as formas de conhecimento são perfeitamente compatíveis, de modo que a mente dos alunos está formatada para seguir a lógica do discurso científico e que, portanto, a meta da educação científica é encher essa mente com os produtos típicos da ciência: seus saberes conceituais.

De fato, aqueles alunos que não tenham a mente formatada deste modo – e não são poucos – não podem seguir o discurso científico, e idealmente, segundo esse enfoque, deveriam ser excluídos da educação científica, uma vez que, afinal de contas, é sabido que nem todo mundo tem as capacidades necessárias. O conhecimento científico é assumido, a partir dessa postura, como um saber absoluto ou, no mínimo como o conhecimento mais verdadeiro possível [...], portanto aprender ciência é saber o que os cientistas sabem sobre a natureza. Tudo o que o aluno precisa fazer é reproduzir esse conhecimento, ou, caso prefira, incorporá-lo na memória. E a via mais direta para conseguir isso será apresentar ao aluno, mediante uma exposição o mais clara e rigorosa possível, esse conhecimento que ele deve aprender. Para isso, é preciso seguir o roteiro, a lógica marcada pelos próprios saberes disciplinares, tanto na formação dos professores [...] como no próprio desenvolvimento do currículo (POZO; CRESPO, 2009, p. 247-248 – grifo nosso).

Esta concepção de “aula tradicional” é o realismo interpretativo que assume que a Ciência permite conhecer realmente a natureza e o mundo, e o currículo necessita fornecer o conhecimento disciplinar. Geralmente os conhecimentos são apresentados como saberes acabados, estabelecidos, passando aos estudantes uma visão absoluta do saber científico, o que é uma marca muito forte para os estudantes, pois consideram que o que o professor fala e ensina é uma verdade inquestionável e imutável; entretanto, por exemplo, genética e biologia celular têm conhecimentos gerados praticamente todos os dias. No entanto, para compreender genética é necessária a biologia celular e outros conteúdos estruturantes. Trata-se de um ciclo, que permite a entrada das novidades, como a evolução das espécies (FIGURA 2.4). O critério para organizar a disciplina Biologia favorece a fragmentação dos conteúdos quando os temas básicos para a genética estão em distintas séries escolares. Normalmente, mas não é uma regra, a parte da célula fica no primeiro ano do EM e a genética e a evolução são apresentadas no terceiro ano do EM.

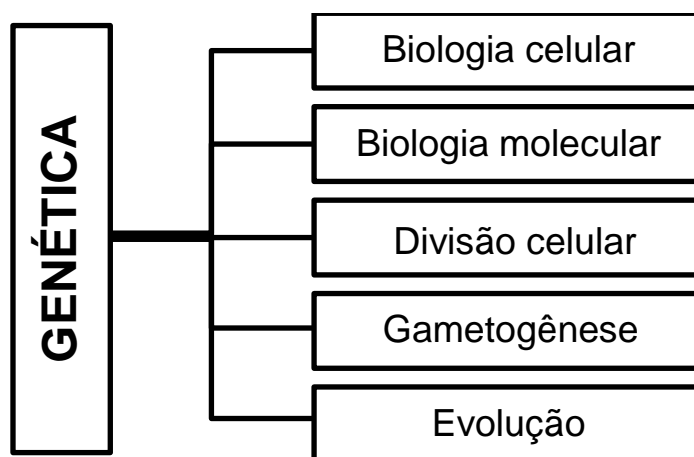


Figura 2.4. Os conteúdos estruturantes e intradisciplinares para apreender genética assumidos neste estudo

Essa divisão curricular não aparece na matriz de referência do Exame Nacional do Ensino Médio, o ENEM. Nesta referência aparecem os conteúdos, na forma de habilidades e competências que podem ser avaliadas nas etapas escolares. Sem a discussão intradisciplinar com o professor e mesmo com o apoio do livro didático, ou outro recurso, dificilmente os estudantes compreenderão a genética apresentada. Os conteúdos estruturantes são necessários para que o estudante possa compreender estes temas, como a ciência da hereditariedade e a educação biológica (MAYR, 1998).

Meiose (constituída dentro do assunto divisão celular) é um tema extremamente importante para entender a genética, porém os estudantes apresentam muitas dificuldades em seu entendimento, demonstrando equívocos no ciclo celular. Aqueles que apresentam dificuldades em meiose apresentarão maiores dificuldades em compreender genética, já que uma sólida compreensão da meiose é uma base importante para a genética em todo o programa de Biologia (KALAS et al., 2013). “Estudantes confundem diversos conceitos e não conseguem organizar as etapas do processo de divisão celular e associá-las com a transmissão da informação genética” (BONADIO; PAIVA; KLAUTAU-GUIMARÃES, 2015, p. 04). O uso de modelos tridimensionais pode cooperar para este ensino, desde que haja problematizações acerca do mesmo. Em vista disso, a mediação didática é latejante na questão, não só da genética, mas no processo educativo como um todo, ao considerar a especificidade do ensino de genética, de sua linguagem científica e de seu caráter abstrato.

O campo de ensino demonstra a necessidade de maiores investimentos empíricos e teóricos, como alerta Sacristán (2013):

O ponto de vista de uma teoria do currículo, se desejamos apreciar o que realmente se alcança, deve deslocar o centro de gravidade de nossa atenção do ensinar para o aprender, dos que ensinam para os que aprendem, do que se pretende para o que se consegue na realidade, das intenções declaradas para os fatos alcançados. Ou seja, é preciso nos orientar para a experiência do aprendiz, provocá-la, enriquecê-la, depurá-la, sistematizá-la – como dizia Dewey (1944) – sem dar como certo que se

iniciará inexoravelmente pelo fato de que se desencadeia a ação da influência do ensino sobre os alunos. Não é que se deva menosprezar ou substituir o ensino e os que executam como transmissores, mas a validade do ensino é provada por meio do contraste e da justificação na aprendizagem (SACRISTÁN, 2013, p. 27).

Os conhecimentos e as demandas formativas se modificam com muita rapidez, portanto é essencial que os estudantes (cidadãos) sejam aprendizes eficazes e flexíveis para aprender e que suas vivências, também escolares, permitam adaptar-se a essas novas demandas que a sociedade produz e deseja. Pozzo e Crespo (2009) discutem que:

Ensinar os conhecimentos científicos como dados, como fatos sem significado para o aluno, axiomas ou princípios não entendidos nem discutidos transforma a aprendizagem da Ciência em uma questão de fé, e os alunos em crentes ou, mais frequentemente, em apóstatas, condenados ao inferno da reprovação; isso quando não ficam no limbo da falta de compreensão. De fato, se os dados ajudam a adquirir conceitos, e estes, por sua vez, são a forma mais eficaz de reter dados. Quando a gente compreende dá um sentido às coisas, os dados deixam de ser arbitrários e, portanto, são mais fáceis de reter. Assim ocorre em todos os campos de aprendizagem [...] A melhor forma de aprender os fatos da Ciência é compreendê-los. O problema é que compreender algo é bastante mais difícil do que repeti-lo e, por conseguinte, ensinar conceitos é mais complexo do que ensinar dados (POZO; CRESPO, 2009, p. 82 – grifo nosso).

“Aprender é uma atividade que acontece no aluno e que é realizada pelo aluno. Ninguém pode aprender por outro. O professor não pode obrigar o aluno a aprender” (BORDENAVE; PEREIRA, 2011, p. 41). A busca ou o entendimento de uma aplicabilidade daquilo que aprende, além de associar diferentes disciplinas para ter uma visão mais completa dos assuntos também pode ser um chamariz para os estudantes, como a abordagem de temas polêmicos pode ser a inspiração para a aprendizagem. Apesar de tudo, Pozo e Crespo sentenciam que “a maioria dos alunos não aprendem a Ciência que lhes é ensinada” (2009, p. 15). Brão e Pereira (2015) complementam afirmando que:

A genética tem se caracterizado como uma área que apresenta grandes deficiências provenientes das dificuldades enfrentadas por alunos e professores durante o processo ensino-aprendizagem, tornando necessárias atividades diferenciadas que complementem o ensino desse conteúdo e proporcionem ao aluno maior compreensão e, se possível, de forma mais prazerosa (BRÃO; PEREIRA, 2015, p. 59 e 60 – grifo nosso).

As estratégias didáticas auxiliam nas propostas das autoras acima citadas, já que permitem um momento mais livre e descontraído, mas com objetivo pedagógico, tal como a teoria da autoapoiese preconiza. Logo, aprender genética na educação básica pode servir para a apropriação e utilização do conhecimento científico em outros espaços, que não apenas para acumular um conteúdo escolar. De acordo com Temp e Santos-Bartholomei, a genética é uma área central “que se relaciona com questões éticas, políticas, de saúde, familiares, econômicas, entre outras” (2014, p. 359); e não deveria ficar restrita a resoluções de exercícios descontextualizados, com as ervilhas rugosas de Mendel.

O que foi assumido até agora é que aprender genética é importante para os estudantes da educação básica, entretanto, outra questão que precisa ser assumida, é a de que nem todos os estudantes gostam de Biologia e muito menos de genética. Embora haja sua importância supracitada, aos estudantes da educação básica não é pedido que se diplomem em Biologia e em genética. Respeitar a diversidade de educandos também faz parte do processo educativo ao qual os professores precisam estar atentos. Mas como bem lembra Santos (2005) é na escola que esses conteúdos precisam ser promovidos; o desafio à função docente é como melhor fazê-lo com as turmas e respeitar as singularidades ao mesmo tempo; espaço para a mediação didática. Esta pesquisa aponta que usar diferentes estratégias didáticas seja um caminho didático-metodológico, contudo, sempre é oportuno conhecer como este campo pesquisado foi formado.

2.4.1 A história da genética na educação básica brasileira e os docentes

As disciplinas escolares são produtos históricos, que podem entrar e sair dos currículos de acordo com suas finalidades, suas utilidades imputadas às instituições de ensino pelos grupos socioculturais (VIVIANI, 2007). Assim, as disciplinas escolares apresentam conflito sempre em associação com as transformações históricas e culturais da sociedade, ou seja, refletem a sociedade, por estarem inseridas na mesma. E a sala de aula é vista como o local de concretização do currículo.

A genética escolar foi inserida de forma ampla na educação brasileira a partir de 1951, por meio do livro de Almeida Jr. Entretanto este era um livro destinado à formação de professores do curso Normal, com preocupação na saúde. É importante verificar a estrutura interna da disciplina Biologia, como cada um dos temas (botânica, citologia, zoologia, genética, fisiologia, anatomia, entre outros) desta área do conhecimento foi originado, e as finalidades a que se propõem. “A cada época a instituição escolar teve finalidades sociais e culturais que perpassaram toda sua organização” (VIVIANI, 2007, p. 19). A finalidade conferiu à escola a sua função educativa, e, a escola é vista como reguladora de condutas (PEREIRA; FERRARO, 2011).

A história do conteúdo genética na escola perpassa pela relação existente entre seus ensinamentos e as finalidades a que propõe mediante necessidades sociais e profissionais de grupos em posições de poder na sociedade. A necessidade de mão de obra qualificada no mercado também influenciou a escola. Os professores eram desqualificados para esta demanda crescente. Assim, a disciplina com enfoque biológico que primeiro surgiu foi a “Ciências Naturais” no Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro, após sua inclusão, surge em São Paulo, nas escolas Normais para formação de professores a disciplina “Biologia Educacional” em 1930 (VIVIANI, 2007). “A genética e a evolução desempenharam papel importante em termos do processo de constituição de uma Ciência Biológica unificada, no

tocante à disciplina escolar” (CASSAB et al., 2012, p. 258). No Colégio Pedro II que era uma referência curricular para os demais colégios.

A partir de 1951 surge a genética no livro de Almeida Júnior (VIVIANI, 2007) e em 1960 um elemento integrador aparece, que é o livro de Oswaldo Frota-Pessoa. Este livro se torna um marco que influencia gerações (SILVEIRA, 2006). O currículo da escola secundária foi fortemente influenciado neste momento histórico pelo *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS) estadunidense e o livro de Frota-Pessoa ia ao encontro com esta tendência.

O ensino de genética foi influenciado pela publicação do livro Frota-Pessoa em 1960, “*Biologia na Escola Secundária*”¹², sendo seu autor um professor da Universidade de São Paulo (USP) e pesquisador de genética humana. Houve várias reedições e tal publicação interferiu positivamente em gerações para a escolha nas ditas ‘áreas biomédicas’ (SILVEIRA, 2006).

O tópico genética, embora necessite de outros conteúdos da própria Biologia, por isso seu caráter intradisciplinar, tem sua fronteira muito bem demarcada no currículo de formação dos professores de Biologia, ou seja, no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas; no currículo da Biologia, nos livros didáticos, até no Currículo Mínimo (CM¹³) da SEEDUC-RJ (ANEXO A). E permanece desta forma na organização da grade de disciplinas, na organização escolar, nos horários, nas séries escolares. A integração dos vários tópicos exige a ruptura dessas barreiras. “A falta de integração intradisciplinar é fonte de grandes dificuldades no aprendizado de Biologia” (KRASILCHIK, 2011, p. 52), se acredita que este problema não seja exclusivo da Biologia, outras áreas devem sofrer o mesmo.

Brasil (2002) traz como sugestão ofertar a genética na terceira série do EM, embora este documento esteja desatualizado ainda é a referência em termos de currículo nacional. O esperado é que com o término da discussão e construção coletiva da Base Nacional Comum Curricular, esta base assuma como nova referência nacional, mas por instabilidades políticas no ano 2017 tem sido mais uma dúvida do que uma afirmação.

Por uma análise superficial da base, genética se apresenta na Biologia e é um assunto crescente e transversalizado no currículo de Biologia nas três séries escolares do EM, nomeada de hereditariedade. Enquanto que na matriz de referência do ENEM, cuja última atualização ocorreu em 2015, não há a divisão em séries escolares e sim, chama a atenção para as habilidades e competências que precisam ser desenvolvidas pelos estudantes durante a educação básica para serem avaliados. A Biologia está presente nas

¹² Silveira (2006) afirma que foi lançado em 1960. Já Bizzo (2009) que foi lançado em 1961. Assume-se nesta pesquisa o ano de 1960 para o lançamento do livro de Oswaldo Frota-Pessoa: *Biologia na Escola Secundária*. Ed. Nacional, SP.

¹³ No início do ano de 2018 o Currículo Mínimo passou a ser denominado “Currículo Básico”, mas sem nenhuma alteração em seu conteúdo.

chamadas “Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias” e o conteúdo genética também está presente, em especial na ‘competência de área 4, H13’¹⁴.

A genética mendeliana escolar não apresenta empiria, ou seja, é um tópico essencialmente teórico, embora suas bases tenham sido experimentais. Quando foi implementado, em 1951, como temática de ensino na escola, ficou inicialmente restrito a aspectos teóricos das leis de Mendel e em compreender o papel das ervilhas. Mesmo assim, foi capaz de promover a curiosidade de muitos estudantes por conta de sua função no corpo humano, na saúde, na evolução das espécies (VIVIANI, 2017).

Com o passar do tempo, desde que foi implementada na escola, o conteúdo estudado em genética afastou-se da vida, do corpo humano, por conta da ausência da articulação dos conteúdos no currículo escolar, pois não são transversalizados. Dando a parecer ser um conteúdo pertencente apenas à escola. Nem os professores tinham o conhecimento necessário para tal abordagem, pois não tinham a formação específica (VIVIANI, 2007; FREITAS, 2013). A aula manteve-se em um modelo tradicional: professor falando e os estudantes anotando, eram escassas as estratégias de ensino, no máximo resoluções de exercícios.

As estratégias didáticas como metodologias de ensino ou recursos didáticos começaram com o construtivismo, embora tenham ocorridos equívocos na interpretação desta corrente. Necessitava pensar em estratégias para apresentar a Biologia aos estudantes numa visão integrada e holística. “Assumir uma visão holística e organizar todo o conteúdo curricular em consonância com essa visão requer mais do que uma decisão fundamentada apenas na disposição de atualização” (TRIVELATO, 2005, p. 128-129).

O desenvolvimento do ensino da genética perpassou pela formação dos docentes, como afirma Monteiro (2005):

A formação de professores, território ainda em processo de constituição e afirmação, é um processo que possui profunda relação com a profissão que contribui para criar e desenvolver. Por outro lado, os docentes são profissionais que exercem papel estratégico numa sociedade que vive transformações cada vez mais rápidas e na qual o acesso ao conhecimento se modifica radicalmente em decorrência do desenvolvimento tecnológico (MONTEIRO, 2005, p. 167).

No início da inserção de tema nas aulas de Biologia, o que se tinha eram as versões do BSCS (a partir de 1957) e os livros didáticos que começaram a se expandir como um bom mercado a se propagar, na formação da disciplina Biologia, como abordado:

Se a unificação das Ciências Biológicas não foi produzida de modo consensual nos meios acadêmicos, a escola parece ter incorporado em

¹⁴ Área 4, significa competência de área 4 a ser desenvolvida, que é compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais. Enquanto que H13 significa a habilidade 13 de uma lista que tem como objetivo reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

grande parte essa ideia ao constituir uma nova disciplina escolar – a disciplina escolar Biologia – em substituição às disciplinas escolares que estavam presentes pelo menos até a metade do século XX no país [História Natural, zoologia, botânica e fisiologia humana]. Sugerimos que essa trajetória de sucesso da referida disciplina escolar tem sustentado socialmente uma visão unificada das Ciências Biológicas, ocultando os diversos embates que vêm sendo historicamente trabalhados entre os seus vários ramos. Tal estratégia produziu uma retórica que tem contribuído para a própria manutenção de seu *status* nos currículos escolares, uma vez que essa “ilusão” de unificação fortalece tanto a Biologia como Ciência quanto a própria disciplina escolar. Do mesmo modo, ao se distanciar dos embates travados no campo acadêmico, a disciplina escolar Biologia encontra espaço para abordar outras temáticas e ampliar a adoção de outras finalidades sociais no cotidiano de seu ensino (SELLES; FERREIRA, 2005, p. 55 – grifo nosso).

A Biologia escolar assume-se como campo de saber científico com importância na saúde, indústria e economia, e participando da formação crítica dos estudantes em relação aos debates envolvendo conhecimentos científicos-biológicos já que, segundo as mesmas autoras:

A disciplina escolar Biologia, desde o seu surgimento no início do século XX, transitando em torno de três objetivos – aqueles ligados aos conhecimentos, aqueles ligados aos métodos e, por fim, os objetivos vinculados às questões pessoais/sociais: Se a Biologia deve ser uma ‘ciência da vida’ e enfatizar o conhecimento, ou se deve ser uma ‘ciência do vivo’ e enfatizar as necessidades pessoais/sociais dos estudantes e da sociedade.

[...] essas finalidades de ensino não são mutuamente excludentes e nem deve ser compreendidas de modo desarticulado. Um mesmo conteúdo de ensino pode atender a finalidades distintas (SELLES; FERREIRA, 2005, p. 55).

Nesse contexto, a genética é uma agregadora que fortalece o campo das Ciências Biológicas, pois seus conteúdos não encontram lugar em nenhuma outra disciplina, a não ser na própria Biologia. Porém, o ensino da genética escolar não apresentou, e nem apresenta nos dias de hoje, nenhuma sofisticação e recursos técnicos para os estudantes do EM, sendo apenas seu ensino reduzido a informações a serem transmitidas, isso diminui o interesse pelo aprendizado científico e genético. Dado que não há descobrimentos ou construções de saberes, há a transmissão deles, ao menos nas escolas da SEEDUC-RJ, já que as escolas ainda são obrigadas a cumprir o Currículo Mínimo (LEAL, 2013b).

O currículo de Biologia do EM incorporou a hereditariedade agregando a genética mendeliana, a molecular e a de populações, porém, atualmente a genética se encontra em um quarto momento, a era pós-genômica, que aos poucos, sua linguagem complexa e peculiar já está sendo incorporada no discurso da genética escolar, que já vem ingressando no currículo. Aumentando ainda mais um conteúdo já bastante extenso e cheio de particularidades e limites, nomeada de biotecnologia. “Novas discussões surgiram sobre a inclusão de seus conhecimentos [da genética] nos currículos da educação básica” (FRANZOLIN, 2013, p. 1374), contudo em tais discussões ainda permanecem com a ideia

de encher de conteúdo cada vez mais o currículo da educação básica, sem considerar as demandas locais e pessoais da escola e de seu público respectivamente.

Todas as áreas da genética se amalgamam, não são excludentes. Representam campo de pesquisa empírica e, na escola, permanece com seu ensino descritivo. A pedagogização da genética envolve a transposição didática, visto que atendem a objetivos sociais específicos e diferentes daqueles da genética enquanto campo de produção de conhecimento científico. Demanda muito do professor, que o mesmo acompanhe as atualizações.

A genética escolar tem um compromisso que vai além da transmissão de seu *corpus* de conhecimento, ela engloba valores, crenças, concepções, curiosidades, utilidades, entre outras, mas precisa ocorrer sua compreensão mais ampla na contextualidade da escola. A ciência da hereditariedade, assim como a Biologia e as demais Ciências são produzidas por homens, não é neutra, porém precisa sensibilizar os cidadãos de forma crítica e isto, inicia-se na escola.

Retorna-se, portanto a ideia de que a genética tem seu espaço na Biologia, agregando conhecimento, porém é um discurso que pertence à escola por falta de didática e da pedagogização do tema, não faz parte da vida do estudante, este não vê utilidade ou interesse em estudar tal assunto, desde sua formação.

Quando se fala, se lê ou se escreve a palavra 'genética' há todo um *corpus* conceitual nesta palavra, e quando os estudantes apresentam um *déficit* conceitual corrobora para que a hereditariedade permaneça como um conteúdo para poucos que a entenda e que ao se depararem com a genética, ficam inertes diante da mesma. Este contexto teve um nascimento a partir dos anos 1960.

A desqualificação dos professores para abordar a genética ainda é um limite para sua apreensão pelos estudantes. Os professores precisam ser críticos para não perder sua participação na produção dos saberes e tornarem-se produtivos no plano cognitivo, dedicando-se às tarefas técnico-pedagógicas cada vez mais fragmentadas e especializadas. Essa desqualificação ocorreu principalmente nos anos 1960 e 1970, porém mais de quarenta anos já se passaram, e este assunto ainda é considerado um desafio para o ensino da genética escolar: a instrumentalização do professor quando sua formação é ponto de discussão.

A proletarização da função docente é marcante, mas não precisa ser eterna. Professores podem fazer interfaces com outras áreas do conhecimento, ou mesmo com instituições de pesquisa, para entender as transformações e novidades da genética. Essencial integrar os conhecimentos específicos da genética com o fazer pedagógico e didático. Aproveitar a internet hoje também é uma vantagem que outrora inexistia.

Pensando nesta qualificação, em 2006 a Sociedade Brasileira de Genética lançou o primeiro número da Revista Genética da Escola (RGE) com publicações semestrais desde então. A intenção foi melhorar o conhecimento dos professores acerca da genética de forma intradisciplinar (SALZANO, 2011). Os textos em linguagem clara e direta permitem atualizações, recursos metodológicos e também o uso dos artigos pelos estudantes.

O conhecimento científico em genética pertinente e relevante que deve ser ensinado para os estudantes da educação básica, é cada vez maior, de acordo com a perspectiva curricular, o que impossibilita uma das funções do seu ensino: que o estudante se aproprie “da estrutura do conhecimento e de seu potencial explicativo e transformador, de modo que garanta uma visão abrangente, quer do processo quer daqueles produtos [...] que mais significativamente se mostrem relevantes e pertinentes para uma inclusão curricular” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009, p. 69). Que poderá possibilitar a abordagem científica dos fenômenos e situações, tanto no interior da escola, quanto fora.

Schneider e colaboradores (2011) chamam a atenção em seu trabalho para as mudanças conceituais que os conteúdos passam ao longo do tempo, os conceitos científicos estão constantemente adequando-se. A escola e o professor precisam estar em alerta para que tais questões não fiquem paradas no tempo e propaguem erros conceituais, por isso ser o uso dos artigos da Revista Genética na Escola uma pertinente e econômica estratégia para o ensino e aprendizagem dos temas deste estudo (SALZANO, 2011).

A história do ensino de Biologia foi iniciada com o ensino das Ciências Naturais, primeiramente no curso Normal de formação de professores (VIVIANI, 2007). Com a falta de professores específicos da área, estas professoras ficaram responsáveis por ensinar Biologia, mas com um teor higienista, ou seja, para prevenir doenças. Com isso, o currículo foi ficando cada vez mais conteúdista; ao mesmo tempo em que o Brasil não tinha a formação docente específica em Biologia para a educação básica. Com a era *Sputnik*¹⁵, o ensino foi fortemente influenciado pelos Estados Unidos quando tentou-se implementar o ensino científico, mas sem investimentos de longo prazo, o projeto fracassou e a educação científica também (KRASILCHIK, 2011). Assim, o ensino de genética na educação básica permaneceu conteúdista, se perpetuando até os dias atuais.

Com a estabilidade do campo das “Ciências Biológicas”, esta se volta a formar professores com formação específica e a genética ofertada na graduação, devido a sua complexidade, passou a contar com pelo menos dois professores especialistas, um com formação em biologia celular e molecular e outro, em genética. Porém, na educação básica, continua sendo o mesmo professor que aborda todos os temas. Como não há uma

¹⁵ O ensino de Biologia tem seu apogeu, para assegurar a promoção da educação à população, a partir da década de 1950 com a chamada era *Sputinik*, no período pós-guerra, quando os soviéticos (ex-URSS) lançaram o satélite *Sputinik* em 1957, iniciando a corrida espacial e aceleração do ensino científico.

especificidade, há uma formação e informação superficiais e talvez, incapaz de abarcar a demanda da sociedade atual.

A partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996 (LDBEN, 1996), houve a exigência de professores com formação específica; em uma tentativa para que não ocorram mais equívocos na formação dos estudantes. Apesar deste avanço, o ensino e aprendizagem de genética, atualmente, ainda enfrentam muitos limites para aumentar a percepção dos estudantes acerca dos temas relevantes à sociedade. E estes passam pelos professores, estudantes e metodologias de ensino e aprendizagem, a escola demanda da didática. Pois há tanto tempo se fala, discute e escreve sobre a crise no ensino da genética e por que não houve avanços? Para que ocorra prosseguimento, a triangulação: professores, estudantes e didática precisam dialogar e exercer a prática, ou seja, chegar à escola.

De forma sumária é apresentado a seguir um quadro com os eventos correlacionados à área da genética, a genética escolar e os eventos que influenciaram a educação (QUADRO 2.4.1). Não é o objetivo apresentar toda a trajetória do desenvolvimento do campo, mas alguns episódios. Quadro importante para conhecer a formação da Biologia, do campo de pesquisa, da ciência genética e sua escolarização na educação básica, assim como a importância dos conhecimentos biológicos na atual sociedade.

QUADRO 2.4.1. Cronologia das disciplinas escolares Ciências e Biologia em concomitância com os eventos na sociedade

Cronologia das Ciências e especificamente do ensino de Biologia e genética	
1759	O alemão Joseph Gottlieb Kölreuter (1733-1806) começou a fazer seus experimentos com plantas. Seu interesse era saber como se dava o contato entre o elemento masculino e feminino na reprodução das plantas. Kölreuter acreditava na herança por mistura.
1761	Kölreuter publica seus experimentos e observações sobre alguns aspectos do sexo das plantas. Foram 65 experimentos de hibridização. Mendel fez experimentos parecidos como os de Kölreuter, porém o contexto fez com que Joseph G. Kölreuter interpretasse os resultados por analogias alquímicas e com perspectiva teológica.
Séc. XVIII	O termo Biologia foi introduzido na literatura por volta de 1800 por Lamarck e Traviranus.
Séc. XIX	Datam do século XIX a teoria evolutiva darwiniana, o modelo mendeliano de herança e a teoria celular de Schleiden-Schwann-Virchow.
Década de 1830	A teoria celular de Schwann e Schleiden contribuiu para o estabelecimento mais firme da unidade do mundo vivo.

1837	História Natural (HN) no colégio Pedro II no Rio de Janeiro.
1855	Aforista de Rudolf Virchow: “toda célula a partir da célula”, passou a ser aceito por todos.
1858	Ensaio do biólogo britânico Alfred Russel Wallace (1823-1913) sobre a teoria da evolução das espécies; enviado para Charles Darwin o que incentivou Darwin a publicar seu livro no ano seguinte.
1859	Livro do naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882): “A origem das espécies” (originalmente com o título: ‘Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural’), que apresenta a teoria da evolução das espécies por meio da seleção natural.
1865 e 1866	Gregor Mendel anuncia suas descobertas com as ervilhas sobre a hereditariedade por meio de duas comunicações orais e publicação de seu manuscrito (1866) em um periódico. Não houve reconhecimento da importância dos achados. Embora a revista em que Mendel publicou seu manuscrito fosse uma revista conhecida para os padrões da época. As ervilhas foram o modelo de Mendel, o seu material experimental. Em seu estudo fez referência a trabalhos anteriores; introduziu a notação que é utilizada até hoje (“A”; “a”; “Aa”) e elaborou, e usou uma expressão algébrica ($A + 2Aa + a$) para prever os resultados (descendentes).
1869	Na Inglaterra é publicado o livro de Francis Galton (1822-1911) “ <i>Hereditary genius</i> ” com a ideia da eugenia ainda nascente. Eugenia significa “boa geração”. Tal livro trouxe um trabalho de genealogias com famílias aristocráticas e abordava a herança dos talentos. Ainda houve uma segunda edição em 1892 e uma reimpressão em 1925. A aplicação da eugenia ocorreu na Alemanha.
1876	Francis Galton publicou uma teoria sobre a hereditariedade, na qual antecipava muitas ideias, inclusive a divisão reductiva da meiose, que depois foram desenvolvidas por outros pesquisadores. Galton também é conhecido como o fundador da eugenia.
1870 e começo dos anos 1880	A pesquisa citológica (célula) chegou a um nível de atividade nunca visto antes em qualquer ramo da ciência. Porém Gregor Mendel desconhecia tais achados e publicou seus resultados inferindo previsões assim mesmo.
1882	Walther Flemming denomina de mitose quando uma célula somática se divide.
Por volta de 1884	Aceitação da ideia de que a fertilização consistia na fusão do gameta masculino com o gameta feminino para a formação do zigoto (célula-ovo), com fusão dos respectivos núcleos. E aceitação de que os núcleos desempenham a função predominante na hereditariedade. Núcleo celular é considerado o portador da hereditariedade.
1885	O alemão August Weismann (1834-1914) previu, e propôs uma hipótese teórica para explicar a constância do número de cromossomos de uma geração para outra. Acertou que nos gametas o número de cromossomos

	das células-filhas reduz à metade, ou seja, haveria uma divisão redutiva. Esse processo é a meiose, do grego <i>meiósis</i> , diminuição.
1880 e 1890	Theodor Boveri realizando experimentos em citologia percebeu que o número de cromossomos das células germinativas se reduzia à metade; se tornou um dos primeiros indícios empíricos da meiose.
1890	Houve a descrição plena e correta da meiose de forma empírica. Na escola paulista Normal ocorreu a oferta da disciplina Biologia Educacional; oferecida pelo fato das estudantes serem futuras professoras e mães, com a intenção de identificar doenças.
1900	“Redescoberta” dos trabalhos de Gregor Mendel sobre genética pelos botânicos: Hugo de Vries, da Holanda, Carl Correns, da Alemanha, e Eric Von Tschermak-Seysenegg, da Áustria. Há controvérsias sobre a “redescoberta”, é possível que de Vries e Correns tenham tido contato com o trabalho de Mendel anteriormente a 1900.
1901	Primeira tradução completa do trabalho de Mendel, em inglês (<i>Experiments in plant hybridization</i>), com introdução de William Bateson. Essa tradução foi feita por C.T. Druery, sendo subsidiada pela <i>Royal Horticultural Society</i> e publicada no <i>Journal of the Royal Horticultural Society</i> .
Década de 1900	Estabelecimento da relação entre o mendelismo e a biologia celular. No Brasil a genética passa a ser promovida principalmente nos institutos agrônômicos.
Séc. XX	Ascensão da Biologia por conta da teoria da evolução e da genética. No início do século XX a teoria da evolução é unida à genética, culminando no Neodarwinismo ou Teoria Sintética da Evolução.
1902	William Bateson divulgou o artigo de Mendel da língua alemã para o inglês. Bateson fez algumas alterações, sugestões e atribuiu alguns conceitos.
1906	William Bateson denominou de “genética” a área da ciência da hereditariedade, que significa ‘gerar’.
Década de 1920	O movimento eugenista recebeu apoio da elite brasileira que era contrária a miscigenação racial. O movimento foi mais centralizado no Rio de Janeiro.
1918	Iniciado o ensino de genética na Escola Agrícola de Piracicaba, atual Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da USP.
1922	Almeida Jr. em sua tese de doutoramento defendida na Faculdade de Medicina de São Paulo (USP), apresentou a associação dos preceitos de higiene e da eugenia. Os problemas da população brasileira, como a mortalidade infantil, poderiam ser mais bem evitados pela instituição da educação higienista na escola.

1923	Renato Kehl publica o livro “Eugenia e medicina social”, no qual defendia a eugenia como sendo a ciência do melhoramento físico e moral da espécie humana, ao alertar sobre casamentos condenáveis. Usa os bordões: “educar e eugenizar” e “sanear e eugenizar”. A escola, principalmente a Normal de formação de professores, virou o palco para as disseminações destas ideias eugenistas.
1929	Publicado o livro “A hereditariedade em face da educação”, do agrônomo e professor de zootecnia e genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Octávio Domingues (1897-1972). Defendia a separação das células somáticas e germinativas, o que inviabilizaria a fixação de modificações somáticas nas gerações vindouras. Não aceitava que o meio ambiente poderia interferir no patrimônio genético.
1930	<p>Criação do Ministério da Educação (MEC) e inserção oficialmente da disciplina “Ciências” no currículo escolar com a Reforma Francisco Campos.</p> <p>A partir da década de 1930 as ideias de ensino experimental ganharam maior visibilidade no currículo educacional brasileiro porque este ensino foi identificado como parte de um processo mais amplo de modernização do país, como uma forma de ensino ativo, nos moldes do escolanovismo, que se contrapunha a metodologias tidas como ‘tradicionais’ e ‘atrasadas’.</p> <p>Criação do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva (antigo Departamento de Biologia); iniciou-se com a criação da Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras junto à implantação da USP, iniciando pesquisas genéticas.</p> <p>Por volta de 1930 se obteve o conhecimento de que todas as células dos animais e das plantas possuíam tanto o DNA como o RNA, mas com ideias ainda muito vagas sobre o papel dessas substâncias nas células.</p>
1931	<p>Disciplina Biologia Educacional no colégio Normal do Rio de Janeiro.</p> <p>Criação da atual Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) pelo Decreto 19.852 de 11/04/1931, com a união de várias faculdades.</p>
1933	Thomas H. Morgan ganhou o prêmio Nobel de Medicina, se tornando o primeiro cientista a ganhar o prêmio na área da genética.
1939	<p>Lançado o livro didático de Almeida Jr, “Biologia Educacional”, pela editora Nacional. Almeida foi um organizador de programas oficiais e na formação de gerações de professoras primárias. De forma incipiente já trazia questões de genética. Também trouxe questões da eugenia no sentido de melhorar a espécie.</p> <p>Na eugenia o objetivo era melhorar as qualidades hereditárias da espécie humana. Posicionou-se contra casamentos consanguíneos ao abordar genes recessivos, logo deu grande importância ao fator hereditário na formação do indivíduo e da espécie.</p>
1940	Criação da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) com reuniões anais. Ajudou na divulgação da genética brasileira, assim como a ciência.

1944	Reconhecimento do DNA como o responsável pela transmissão hereditária. Pesquisa coordenada por Oswald Theodore Avery, com base no experimento de Frederick Griffith.
1949	Estabelecimento da regra de Chargaff. Erwin Chargaff concluiu que em qualquer espécie a quantidade das bases nitrogenadas de adenina (A) é muito semelhante à de timina (T), e da mesma maneira a quantidade de guanina (G) é muito semelhante à de citosina (C). Isto ocorre na molécula de DNA.
Década de 1950	Temas de Biologia restritos à botânica, zoologia e biologia geral. Permanência de professores sem formação específica e lançamento do Satélite <i>Sputnik</i> lançado em 04 de out. de 1957, deflagrando a Era <i>Sputnik</i> ; polarizando o mundo no bloco dos países capitalistas, liderado pelos Estados Unidos da América, e no bloco dos países socialistas, liderado pela extinta União Soviética. O Brasil sofreu forte influencia estadunidense.
1950	Defesa do ensino experimental como projeto nacional com produção de ensino laboratorial nas escolas. “As décadas seguintes foram marcadas por grandes incentivos governamentais para a renovação no ensino de Ciências nas escolas brasileiras” (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 98-99).
1951	6ª edição do livro didático Biologia Educacional de Almeida Jr.; trouxe o tema genética em destaque.
1953	Elucidada a estrutura do DNA. O DNA é reconhecido como objeto da genética. DNA como elemento central e unificador no estudo da genética. Publicação na Revista <i>Nature</i> , em 25 de abril de 1953, de um artigo de apenas 900 palavras e um diagrama simples sobre a estrutura para a molécula do DNA.
1955	Criada em Campinas, SP - a Sociedade Brasileira de Genética, porém “em 1928 foi iniciado o ensino de genética na então Escola Agrícola de Piracicaba” (SALZANO, 2011, p. 12). Primeiro para o nível superior de ensino. Início da popularização da disciplina Biologia escolar no Brasil.
1956	Demonstração de J.H. Tijo e A. Levan, de que o número cromossômico diploide na espécie humana é de 46 e não 48 como se acreditava anteriormente. Começou a se formar um grupo forte de pesquisa em genética humana no Brasil, se concentrando no estado de São Paulo.
1957	O lançamento do satélite artificial soviético <i>Sputinik</i> provocou a ampliação de reformas educacionais para melhorar o ensino das disciplinas escolares em Ciências e Matemática nas escolas estadunidenses, com reverberações e influências no Brasil. Sua concretude foi por meio dos BSCS.
1959	Ministrado o primeiro curso de Genética Humana em uma Faculdade de Medicina (USP) brasileira, por P.H. Saldanha.

Década de 1960	<p>Em 03 de nov. de 1961 a USAID é criada no EUA para “ajudar” outros países. Guerra Fria, e as Ciências encaradas como as redentoras para os problemas sociais, econômicos e políticos.</p> <p>Primeira Lei de Diretrizes e Bases (nº 4.024) de 1961.</p> <p>Ditadura Militar com o exílio de muitos cientistas e um claro retrocesso na ciência brasileira.</p>
1960	<p>Livro didático do geneticista Oswaldo Frota-Pessoa (1917-2010) “Biologia na Escola Secundária” (ed. Nacional), que se tornou um clássico que influenciou gerações.</p> <p>Realização do evento: “Primeiro Simpósio Sul-americano de Genética” na cidade de São Paulo.</p>
1961	<p>A disciplina “Introdução à Ciência” é efetivamente instituída de maneira obrigatória no que seria hoje o ensino fundamental.</p>
1964	<p>Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PPG-GMP) sediado no Departamento de Genética da ESALQ/USP; primeiramente com o Mestrado e a partir de 1970 em nível de Doutorado.</p>
1965	<p>Inauguração do departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) da USP. A primeira aula oficial foi ministrada aos estudantes de Medicina e Ciências Biológicas – Modalidade Médica no dia 6 de março de 1965, sendo essa data considerada como o marco inicial do novo Departamento.</p>
1967	<p>Na Reunião anual da Sociedade Brasileira de Genética, no Rio de Janeiro, foi desenvolvida uma Mesa Redonda sobre o ensino de genética.</p>
1968	<p>Criação do Instituto de Biologia da UFRJ a partir do Departamento de História Natural da Faculdade Nacional de Filosofia.</p>
Década de 1970	<p>Acordo MEC-Usaid com produção de material escolar e financiamentos de projetos e intermediação de órgãos brasileiros com outras agências financeiras, como a Fundação Ford. Produção de manuais instrucionais programados, ascensão do tecnicismo.</p> <p>Lei nº 5.692, de 1971 que institucionalizou os cursos técnicos profissionalizantes do 2º grau.</p>
1975	<p>Surgimento do “Programa Integrado de Genética” com o intuito de financiar pesquisas genéticas brasileiras; já que a Fundação Rockefeller havia se afastado do Brasil. Apesar dos recursos não serem muito grandes, proporcionou um impulso nas pesquisas e a possibilidade de maior interação entre grupos de pesquisa com interesses afins.</p>
1976	<p>Criação do curso de Pós-graduação em Genética (PPGGen) do Instituto de Biologia da UFRJ, inicialmente com o nível de Mestrado.</p>
Década de 1980	<p>Abertura política; 7ª Constituição Federal, a de 1988 com os Artigos 205-214 sobre a educação. Permanência de ensino de Biologia dependente dos manuais instrucionais e dos livros didáticos. Tentativa de melhorar a educação ao olhar para a formação dos professores.</p>

1980	Criação do programa de Pós-graduação em Genética e Biologia Molecular (PPG-GBM) na Universidade de Campinas.
Década de 1990	Ênfase em um currículo enciclopédico. Promulgação da Lei de Diretrizes e Bases de 1996 (Lei 9.394). Em Biologia valoriza-se meio ambiente, ser humano e saúde por meio dos temas transversais dos Parâmetros Curriculares Nacionais, de 1997. Embora temas transversais, na prática ficaram a cargo dos professores de Ciências e Biologia.
1996	A Sociedade Brasileira de Genética (SBG) concorreu em um edital lançado na época e conseguiu aprovação de projeto com verba destinada ao treinamento de professores do ensino do segundo grau (hoje ensino médio) no estado de São Paulo. 150 professores foram escolhidos para realizar projetos visando o desenvolvimento e produção de material didático de genética. O edital não foi renovado após o término desta turma. Os livros didáticos passam a ser avaliados pelo Ministério da Educação, que os seleciona de acordo com critérios previamente estabelecidos.
Década de 2000	Valorização dos grandes temas ambientais e de materiais didáticos na área das Ciências como um todo. O conteúdo de genética assume cada vez mais espaço no livro didático do ensino médio. O conteúdo é grandioso para ser abordado e compreendido em um semestre. Livros didáticos com mais de 350 páginas. Desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).
Séc. XXI	Educação como direito de todos. Tecnologia aliada à manipulação gênica.
2002	Parâmetros Curriculares Nacionais+ (para o ensino médio) com ênfase em habilidades e competências para as Ciências Naturais. Há um capítulo apenas para a Biologia. Sugere que o ensino de genética ocorra no terceiro ano do ensino médio.
2003	Genética em destaque no meio científico devido aos resultados do Projeto Genoma Humano. Houve uma constante divulgação do projeto para o público leigo, portanto caracterizando-se como divulgação científica da genética. Em muito se deve as comemorações dos 50 anos da estrutura do DNA (revelada em 1953).
2006	Orientações Curriculares Nacionais com uma abordagem em cima do trabalho docente. O texto orienta como deve ser, e ocorrer o ensino. A Revista Genética na Escola é lançada como proposta para formar o educador nesta temática e preocupada com o ensino no nível da educação básica.
2008	Iniciam-se as apresentações de trabalhos da área de ensino de genética no Congresso Nacional de Genética. Na área de ensino os trabalhos podem ser escritos e apresentados em Língua Portuguesa.
2009	Gripe H1N1 no Brasil e a escola vista como reguladora de condutas por meio da prática higiênica. O conhecimento da Biologia é requisitada neste

	combate. Volta-se a ver isso em 2013, 2015, 2016 e 2017.
Década de 2010	Permanência de currículo enciclopédico, ensino abstrato e contínuo uso de materiais didáticos para a transposição didática. Ênfase na tecnologia e também na internet. Popularização do ensino à distância e redes sociais como possíveis mediadores tanto para professores, quanto para estudantes. Biologia com conhecimentos ainda utilitários.
2012	A Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ) promulga um único Currículo Mínimo (CM) para Ciências e Biologia. Dando um teor biologizante a uma disciplina mais generalista, como é o caso da disciplina Ciências. Genética mendeliana está na primeira série do ensino médio, enquanto que genética molecular e de populações, no segundo semestre da terceira série do ensino médio, nomeada de biotecnologia.
2013	Resolução nº 4.866 de 14 de fev. de 2013 da SEEDUC-RJ obriga o cumprimento do Currículo Mínimo pelos docentes da rede. Todas as escolas da rede devem utilizar o CM nas disciplinas e modalidades contempladas. MEC lança o edital para o triênio do Programa Nacional de Livro Didático (PNLD) 2015-2017 no qual instituiu o número máximo de páginas no livro de Biologia: 320 para os estudantes e até 464 para os professores. Tal recomendação obriga a sintetizar conteúdos, assim há uma ênfase em esquemas que atuam como resumos. Agravamento da crise hídrica e as escolas são locais para fomentar formas de uso consciente da água. Não apenas nas aulas de Biologia, mas incisivamente nestas.
2014	Chegam às escolas as 09 coleções de livros didáticos de Biologia aprovadas pelo PNLD para escolha do corpo docente. O triênio iniciou em 2015 e terminou em 2017. As 09 coleções são mais parecidas entre si do que diferentes, proporcionando uma convergência nas escolhas. Todas apresentam o tema genética. Em oito coleções, a genética está no terceiro volume, e em uma se apresenta no segundo volume. Em todas as coleções, os conteúdos estruturantes estão no primeiro volume, ou seja, há separação.
2015	O MEC apresentou a proposta de discussões, e sugestões, para uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reunindo em um portal o que cada estado tem realizado em termos de currículo escolar. A SBG lança no canal <i>YouTube</i> a série “Histórias da genética no Brasil”. Em: < https://www.youtube.com/channel/UCQ7KAILT4kNCZXZIUP-000A >. 14 de set. de 2015. Dengue, Zika vírus e Febre <i>chikungunya</i> , todas transmitidas pela <i>Aedes aegypti</i> , escola é local para se tomar medidas profiláticas e formar cidadãos conscientes de suas responsabilidades. Novamente a Biologia é requisitada no letramento científico do cidadão. Atualização da “Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias” para o ENEM com os conteúdos de Biologia e com os temas da hereditariedade. Disponível em: < http://portal.inep.gov.br/web/guest/matriz-de-referencia >. 19 de dez. de

	2017. Permaneceu a mesma até o fim de 2017.
2016	<p>Discussão dos casos de microcefalia crescentes no Brasil.</p> <p>O combate ao <i>Aedes aegypti</i> entra no currículo escolar. “Um mosquito não é mais forte que um país inteiro”; “#ZikaZero”.</p> <p>O zika vírus é confirmado nos casos de microcefalia. Cresce as suspeitas de que o vírus seja transmitido sexualmente, assim conhecimentos de Biologia são requisitados pelos cidadãos comuns. Ainda não se sabe se tem algum envolvimento hereditário.</p> <p>BNCC se estabelecendo como modelo nacional por meio de discussões.</p> <p>Greve de professores com apoio dos estudantes na rede estadual do Rio de Janeiro por mais de 04 meses. Uma das reivindicações é uma revisão no Currículo Mínimo para preparar os estudantes da rede SEEDUC-RJ a prestar com aprovação o Exame Nacional de Ensino Médio e abolir as avaliações externas.</p> <p>O MEC lança o guia de livros didáticos aprovados para o triênio 2017-2019 para o ensino fundamental. Em Ciências 13 coleções foram aprovadas. Tais livros trazem o conteúdo de genética para ser abordado no oitavo ano.</p> <p>Impeachment da presidenta Dilma Rousseff em 31 de agosto. Desestabilização política e econômica. Michel Temer assumiu a presidência do Brasil.</p> <p>150 anos do manuscrito de Gregor Mendel comemorado na 62ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Genética, com o tema “150 anos de Genética Mendeliana”, em Caxambu, MG.</p> <p>Em 22 de set. de 2016 é apresentado uma Medida Provisória para uma reestruturação do ensino médio. Biologia permanece no currículo como disciplina obrigatória e associada às áreas de “Ciências da Natureza”.</p>
2017	<p>Brasil vive um surto de febre amarela.</p> <p>Dez coleções de livros de Biologia para o EM foram aprovadas pelo PNLD (2018-2020), porém, nem todas as coleções chegaram às escolas e o guia foi liberado para consulta pública no final do mês de agosto, sendo que o encerramento para a escolha foi na primeira semana de setembro (04 de setembro de 2017). Com isso, atrapalhou ou impossibilitou que professores escolhessem os livros por meio do guia e sim, apenas com as coleções em mãos¹⁶.</p> <p>As coleções foram: 1) Biologia hoje (Editora Ática); 2) Integralis – Biologia: novas bases (Editora IBEP); 3) Ser Protagonista – Biologia (Editora SM); 4) Biologia (Editora Saraiva Educação); 5) Bio (Editora Saraiva Educação); 6) #Contato Biologia (Editora Quinteto); 7) Biologia – unidade e diversidade (Editora FTD); 8) Biologia Moderna – Amabis & Martho (Editora Moderna); 9) Conexões com a Biologia (Editora Moderna); e 10) Biologia (Editora AJS).</p> <p>Cientistas editam o DNA de embrião humano pela primeira vez nos EUA. Esta edição leva a discussões éticas da aplicação da genética, pois o</p>

¹⁶ Guia de livros didáticos PNLD 2018 - Ensino Médio. Para doze disciplinas do EM. Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/escolha-pnld-2018>>. Acesso em: 31 de ago. de 2017.

domínio desta técnica de edição pode levar a questões antiéticas. Ainda não se sabe quais as consequências dessas modificações quando forem transmitidas para as gerações futuras.

Agravamento da crise financeira e política no Brasil; Rio de Janeiro sofre com um aumento alarmante da violência. Escolas públicas lotadas, e insatisfação política.

Fonte: Mayr, 1998; Scheid; Ferrari e Delizoicov, 2005; Viviani, 2007; Pereira; Ferraro, 2011; Salzano, 2011; Brasil, 2015; Leal; Rôças e Barbosa, 2015.

Os relatos e sequencia histórica evidenciam que a escola não é neutra, pois as políticas públicas e demandas sociais retratam os acontecimentos de cada época com demandas imputadas à escola, que se concretiza no currículo, seja ele oculto (ALVES, 1998) ou não. O currículo oculto diz respeito a rotinas que os professores e escolas apresentam, mas sem serem assumidas como uma regra institucional. Há uma preocupação com as avaliações oficiais e um treinamento para as mesmas, assim como um desejo pela retomada de docentes como meros transmissores de conteúdos das disciplinas (ARROYO, 2011).

2.5 Estratégias didáticas

As estratégias didáticas de ensino e aprendizagem são antigas na área educacional; como exemplo em seu uso há registros desde a época de Sócrates quando o mesmo usou o questionamento como estratégia de ensino. As estratégias se destacam como elemento constitutivo do processo educativo e, despertam grande interesse na área da didática (VIEIRA; VIEIRA, 2005). Estes mesmos autores definem as estratégias didáticas e suas classificações. Tal definição foi utilizada nesta tese para auxiliar na categorização das estratégias aqui relatadas e utilizadas. São os representantes mais significativos para a discussão de estratégias didáticas nesta pesquisa pelo olhar na educação e seu discurso vai de encontro com o aqui defendido: que as estratégias são promotoras de ensino e aprendizagem de qualquer conteúdo escolar. Os autores De Oca (1995) e Paz et al. (2006) também apresentam suas contribuições, que são a possibilidade de desenvolvimento cognitivo dos estudantes por meio das estratégias didáticas.

Mora (2017) defende a ideia de que uma boa educação, e nisto inclui vários estímulos pedagógicos, produz mudanças profundas no cérebro que ajudam a melhorar o processo de aprendizagem e o próprio desenvolvimento do ser humano. Por isso a necessidade de pesquisar e planejar melhores recursos de ensino para facilitar a aprendizagem dos conteúdos; para o autor espanhol isto promove a empatia, o altruísmo e a colaboração entre os indivíduos para o aprender.

Para Trivelato e Tonidandel (2015) há características peculiares à Biologia, e também ao ensino da genética escolar que impedem de serem usadas nas escolas de

atividades práticas, pois as atividades experimentais são de difícil realização porque exigem longos dias para observação, resultados diferentes para cada indivíduo, a questão de recursos e espaço, além da ética, insumos e biossegurança, entre outros.

Entretanto, o uso das estratégias didáticas possibilita incluir motivação e estímulo para que os estudantes reflitam, discutam, expliquem e possam relatar suas vivências; já que há tantas dificuldades para a realização de atividades experimentais; logo, o uso das estratégias didáticas é uma efetiva alternativa didática ao ensino de Biologia e de genética. Segundo Tempe Santos-Bartholomei (2013), as mensagens, e isto inclui os conteúdos escolares, precisam ser transmitidos de diferentes formas para alcançar o maior número de estudantes; nisto entram em campo diversificadas estratégias didáticas, que não deixam de ser consideradas linguagens para transmitir as mensagens. A abstração que os temas da genética, da biologia celular e da molecular exigem se torna uma dificuldade para sua aprendizagem (WILLIAMS et al., 2012) que podem ser superadas com as estratégias.

De Oca (1995) chamou a atenção para a ausência de abordagens educativas para tratar de conteúdos abstratos como os existentes em genética. Sugestiona que os professores enfatizam aquilo que consideram o mais importante na aula para superar o abismo entre o conteúdo a ser ensinado e a aprendizagem dos estudantes.

De acordo com Gobora e Vinholi Jr. (2016) as estratégias e recursos didáticos diferenciados tem o propósito de facilitar e aprimorar o processo educativo. Sendo esses recursos, por exemplo: os modelos, os objetos concretos, as ilustrações, os gráficos e esquemas; acreditam que seu uso auxilia o aprendizado dos estudantes. O sucesso do recurso só será viável se for bem trabalhado pelo docente em sala de aula. A este cabe o papel de redirecionar os conceitos aos modelos, instigando nos estudantes a curiosidade para pesquisar, para manusear, elaborar e adaptar, além de produzir seu próprio modelo.

Assim, por estratégias didáticas entende-se nesta pesquisa uma metodologia ou mesmo recurso que o professor lança mão para ensinar determinado conteúdo. São situações criadas e planejadas pelo docente com o intuito de ensinar, porém sem a rigidez de uma aula tradicional¹⁷ (não é o intuito demonizar esta aula e sim, mostrar que há outras metodologias de ensino). Aos estudantes é requisitado um papel ativo e participativo para que a aula transcorra e com essas atitudes outras habilidades são desenvolvidas, como a proatividade, protagonismo e a fala; habilidades que podem levar a emancipação dos estudantes/cidadãos. Os estudantes também podem fazer as estratégias didáticas, não precisam esperar o docente. Importante salientar que atividades diferentes induzem os estudantes/cidadãos a desenvolverem habilidades diferentes. Por vezes neste estudo são usados sinônimos, como: metodologia de ensino, recursos didáticos, lúdico, entre outros.

¹⁷ Aula tradicional também é considerada uma estratégia didática; o que se deseja é diversificar e ampliar as estratégias de ensino, para além desta.

Isto só mostra a pluralidade pedagógica hoje disponível como 'estratagemas pedagógicos'. Mesmo assim, há poucas mudanças metodológicas no ensino público, focado em transmitir muita informação aos estudantes; logo estes decoram para serem aprovados, ignorando seus desejos (KRASILCHIK, 2011). "Muitas informações são dadas sem que o aluno consiga processá-las de forma adequada e este as aceita, muitas vezes sem questioná-las" (BRÃO; PEREIRA, 2015, p. 56). O tempo para que o estudante compreenda o conteúdo não é levado em consideração no planejamento da aula.

Marandino; Selles e Ferreira (2009) discutem a questão do ajustamento das escolas às demandas populacionais, já que a educação básica foi considerada obrigatória o que impôs a escola a reestruturar a organização curricular que adensou o conjunto das disciplinas escolares distribuídas ao longo da semana e em turnos, e favorecendo assim o ensino expositivo em detrimento de outras atividades, como as práticas.

O campo da didática para o uso das estratégias didáticas é amplo na área educacional, há várias nomenclaturas para estas ferramentas que apoiam a função docente e colaboram para a aprendizagem. Vieira e Vieira (2005) afirmam que genericamente as estratégias de ensino estão ancoradas à questão: como atingir determinado objetivo.

No estudo de Vieira e Vieira (2005) estes autores utilizam definições de estratégias de ensino em três categorias: a) abstrações da realidade; b) simulações da realidade; e c) situações da vida real. Cada uma destas três categorias abarca diversas estratégias didáticas. Há momentos em que estas categorias se sobrepõem, quem as define é o contexto em que são usadas no ato educativo.

A primeira categoria, a 'abstrações da realidade': apresenta como caráter mais forte a de ser unilateral, ou seja, parte do professor, livro didático, ou outro recurso e pessoa, para os estudantes. O papel dos discentes é o de ouvir, receber e acumular a informação. Usando-a para as avaliações ou quando forem instigados.

Percebe-se que nela se engloba também a aula tradicional, que é uma estratégia didática. Outras são: os filmes, o trabalho de campo, o questionamento e os elementos gráficos, como os organogramas. Existem outras que se enquadram nesta categoria.

A segunda categoria de estratégias é a 'simulações da realidade': troca de ideias; e para que essas trocas aconteçam é necessária a participação de todos. Assim, requer do professor planejamento da ação para a ocorrência das discussões e abertura em sua didática para que ocorram tais trocas. Nesta estratégia há o compartilhamento das ideias e todos discutem um assunto comum. As estratégias englobadas nesta categoria são: a modelização, a experimentação, os seminários, os cartazes, entre outras estratégias. É uma categoria que permite um diálogo maior entre os professores e os estudantes.

A terceira categoria de estratégias é nomeada de 'situações da vida real': "trata-se de uma estratégia que envolve a participação activa dos alunos na construção das suas

próprias aprendizagens” (VIEIRA; VIEIRA, 2005, p. 36); nesta categoria de estratégias, os estudantes constroem explicações, o que exige ordenar seus pensamentos e quiçá contribuir para a aprendizagem. É a categoria que permite a maior liberdade discente, torna-se a desejada no ato educativo, pois quando os discentes a possuem, significa o desenvolvimento da proatividade e autonomia dos mesmos. As estratégias consideradas nesta terceira categoria são: a leitura, a escrita, as explicações, a criticidade, a construção das próprias estratégias didáticas, entre outras que permitem a autoconstrução do conhecimento.

Estas categorias foram elencadas a partir de um recorte por meio de um aporte teórico, outras podem coexistir. Não intenciona limitar ou estagnar as discussões acerca das estratégias de ensino e sim, apontar para um campo diversificado e polissêmico. Nesta tese assume-se essa polissemia e a pluralidade das atividades ativas/práticas na sala de aula. No quadro 2.5 é apresentada uma síntese destas discussões; ressaltando que essa interpretação é pessoal da autora deste estudo, pois há momentos em que a definição não está tão clara nos textos originais, porém é um momento importante já que abre um horizonte para as discussões e interpretações para as metodologias de ensino. Para o leitor pode haver sobreposições, mas se pretende apresentar uma indicação de referência útil e plural para os professores e educadores. A ordem em que são apresentadas é a alfabética.

Quadro 2.5. A polissemia das estratégias didáticas

	Termos	Referenciais	Definições/ações
01.	Alternativa metodológica	Rui et al. (2013)	Propicia auxiliar o estudante a refletir criticamente sobre as mensagens recebidas, tornando-se uma ferramenta para as atividades pedagógicas e ajudando o estudante na formação de novos conceitos.
02.	Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) (recurso tecnológico)	Almeida e Moita (in MALDONADO, 2015)	Introduz um termo novo “ <i>Homo zappiens</i> ” ao se referir a geração que nasceu em meio à tecnologia e está presente no meio educacional. A AVA é uma ferramenta no intuito de melhorar a qualidade do ensino por meio das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) que insere o conteúdo escolar no cotidiano do estudante.
03.	Atividades didáticas	Oliveira e Queiroz (2011)	Termo polissêmico que engloba exercícios, material didático, atividades realizadas pelos estudantes. É aquilo que o estudante produz.
04.	Atividades práticas	Carlan; Sepel e Loreto (2010) Fala; Correia e Pereira	Reconhece que a informática é uma atividade prática para o ensino de genética pelos estudantes, e, não apenas a parte laboratorial. Com a informática é possível simular situações da genética com segurança. Defendem a ideia de ser possível integrar os estudantes nestas

		(2010)	atividades. Contudo, requer a infraestrutura.
05.	Computador (recurso tecnológico)	Silva e Razera (2006) Bizzo, 2009	Os autores consideram o computador um instrumento adicional ao ensino e aprendizagem da genética. Considerado uma ferramenta que auxilia os estudantes a refletir sobre certos fenômenos. O computador amplia as possibilidades de atuação de estudantes e professores, mas não de substituí-los em suas tarefas básicas e essenciais. Necessita deste equipamento.
06.	Estratégia pedagógica	Goldbach et al. (2013)	Considera os jogos didáticos como facilitadores da aprendizagem, desenvolvendo habilidades como cognição, socialização e criatividade, por criar um ambiente favorável para a construção de conceitos. Engloba: jogos, saída de campo, dramatização, confecção de modelos, interatividades computacionais, execução de projetos comunitários, estudos de casos, trabalhos de vários tipos em bibliotecas.
07.	Estratégias de ensino	Sousa e Teixeira (2014)	Podem viabilizar a efetivação de uma aprendizagem ativa, interativa, dialógica e significativa, por se constituir em um meio para facilitar, incentivar ou possibilitar o processo de ensino e aprendizagem. Já que estimulam a atividade e a iniciativa dos estudantes, favorecem o diálogo entre educandos e professores, o que pode permitir a apropriação crítica da cultura historicamente acumulada. Também podem ajudar a manter o bom nível de interesse e participação dos estudantes nas atividades desenvolvidas; cooperando para o letramento científico e com a formação para a cidadania.
08.	Estratégias didáticas	Daura (2011)	São recursos e procedimentos que os estudantes utilizam para regular ações e variáveis com o objetivo de promover aprendizagem de forma significativa.
09.	Estratégias metodológicas	Borges e Lima (2007)	É uma proposta educativa que possibilita o acesso a um tipo de conhecimento capaz de ampliar e enriquecer a interpretação de mundo dos estudantes. Pesquisa quais são as metodologias adotadas pelos professores para ensinar conteúdos; sendo as que mais se utilizam: atividades extraclasse; atividades práticas; jogos em sala de aula; atividades envolvendo leitura e projetos de trabalho.
10.	Experimentação;	Marandino; Selles e Ferreira (2009)	Considerada atividade prática experimental que auxilia na compreensão de conceitos.

	<p>Experimentação escolar ou escolarizada;</p> <p>Experimentação didática;</p> <p>Método didático de experimentação;</p> <p>Atividades experimentais</p>	<p>Oliveira e Trindade (2013)</p>	<p>São propostas de ensino criadas ou aperfeiçoadas para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Estas estratégias podem ser utilizadas pelos professores com diferentes finalidades, seja para estimular os estudantes a participarem das aulas, verificar fenômenos, despertar o interesse pelo conhecimento científico, gerar questionamentos, melhorar a qualidade do ensino, adquirir conhecimento, desenvolvimento cognitivo, dentre outras. Mas há dificuldades para essas atividades, como o local para sua realização, a formação dos professores, a disponibilidade de tempo e materiais. A biossegurança é um ponto a ser considerado.</p>
11.	<p>Ferramenta pedagógica</p>	<p>Silva e Araújo (2013)</p>	<p>Amparo para a comunicação e os conteúdos de Biologia. Trata-se de algum instrumento utilizado especificamente para o processo de ensino e aprendizagem, ressignificando os conteúdos para os estudantes.</p>
12.	<p>Ferramentas didáticas</p>	<p>Rodrigues (2012)</p>	<p>Possibilita a visualização dos conceitos abstratos e amplia as possibilidades de assimilação e materialização das ideias com relação aos conceitos já existentes ou adquiridos, contribuindo para uma melhor interação e envolvimento dos estudantes nas atividades.</p>
13.	<p>Lúdico;</p> <p>Jogos didáticos;</p> <p>Jogos pedagógicos</p>	<p>Pedroso; Rosa e Amorim (2009)</p> <p>Kishimoto (2011)</p> <p>Huizinga (2010)</p> <p>Detofeno; Justo (2011)</p>	<p>Recursos lúdicos (jogos, brincadeiras e brinquedo). O ludismo tem função educativa, pois coexistem, devendo haver equilíbrio para que a função educativa não sufoque o lúdico e vice e versa.</p> <p>O jogo pressupõe regra e é uma importante ferramenta educacional para auxiliar os processos de ensino e de aprendizagem em todos os espaços e nas diversas áreas do conhecimento.</p> <p>Para Huizinga (2010) trata-se de uma atividade livre, exterior à vida habitual e ao mesmo tempo capaz de absorver o indivíduo na tarefa.</p> <p>“<i>Ludus</i> abrange os jogos infantis, a recreação, as competições, as representações litúrgicas e teatrais e os jogos de azar” (HUIZINGA, 2010, P. 41). Há outras definições de acordo com as várias línguas no livro de Huizinga.</p>
14.	<p>Metodologias de ensino;</p> <p>Materiais didáticos;</p>	<p>Alves (2016)</p> <p>Setúval e Bejarano</p>	<p>Transposição do conteúdo para o convívio social dos estudantes em seu cotidiano. Ferramentas para tornar o processo ensino e aprendizagem dos conceitos mais efetivos e dinâmicos; o que se acredita</p>

	Recursos didáticos; Estratégias didáticas	(2009)	permitir para a aprendizagem dos estudantes. Modelos didáticos são instrumentos sugestivos e que podem ser eficazes na prática docente diante da abordagem de conteúdos que, muitas vezes, são de difícil compreensão para os estudantes.
15.	Modelo didático; Modelagem didática; Modelização	Justina e Ferla (2006) Duso et al. (2013) Temp e Santos-Bartholomei (2013) Gobora e Vinholi Jr. (2016)	Os modelos didáticos são construídos como subsídio ao ensino do conhecimento científico em sala de aula. Podem ser construídos pelos professores, estudantes ou presentes nos livros didáticos. Podem ser ilustrações, objetos, gráficos, esquemas, entre outros. A modelagem é um auxílio do processo de transposição dos modelos relevantes, aceitos por cientistas para o ambiente escolar. Os modelos apresentam-se como ferramentas eficazes ao aprendizado dos estudantes.
16.	Objetos de aprendizagem (OA's) (digitais) (recurso tecnológico)	Nunes et al. (2014)	Originou-se com o avanço da tecnologia que tem possibilitado o desenvolvimento e avanço de novas ferramentas e estratégias para serem aplicadas no contexto educacional. Os Objetos de Aprendizagem (OA's) podem ser usados como materiais de apoio educacional. Os autores alertam que sozinho os OA's não garantem uma atividade educativa, alertando para seu uso com equilíbrio. Os OA's são considerados recursos exequíveis e que apresentam o conteúdo de forma motivadora. É um tipo de aprendizagem apoiada na tecnologia. É todo e qualquer recurso digital que possa ser reutilizado para dar suporte ao ensino e a aprendizagem. São recursos autônomos que podem ser usados para todos os conteúdos.
17.	Questionamento	Vieira e Vieira (2005)	Talvez a mais comum estratégia de ensino presente no ambiente escolar. São questões que os professores fazem para os estudantes o que os permitem desenvolver o pensamento, a comunicação e assim, alcançar a aprendizagem. Ajuda os estudantes a reverem seus conhecimentos e a desencorajar a desatenção. Motiva, prende a atenção, promove capacidades de pensamento e ativa processos cognitivos, quando o estudante se torna consciente sobre os assuntos que precisa estudar. Envolve participação ativa do estudante, envolvê-lo na discussão e motivá-lo, despertando o seu interesse para o trabalho na aula.

18.	<p>Recurso didático;</p> <p>Metodologias diferenciadas;</p> <p>Metodologias didáticas;</p> <p>Metodologias diversificadas</p>	Barros; Ribeiro e Silva (2017)	<p>Neste trabalho os autores abordam a utilização do material didático, delimitando o tema da discussão em questões metodológicas para o ensino e aprendizagem de genética; nomeiam tudo de 'Recursos didáticos'.</p> <p>Recursos didáticos são todos os materiais utilizados como auxílio no ensino e na aprendizagem do conteúdo proposto para ser aplicado pelo professor aos estudantes. São diversificados e podem colaborar no processo educativo dos temas abordados no ensino.</p>
19.	Técnicas de investigação diferenciadas	Trivelato e Tonidandel (2015)	<p>A experimentação na área de Biologia se torna difícil de ser vivida em escolas, logo, estas autoras trazem como contribuição o ensino por investigação com uso de dados, observação; tendo o professor como estimulador, mas sendo os estudantes os protagonistas ao elaborarem seus resultados e apresentarem seus achados e conclusões. Portanto é um recurso para o ensino de Biologia ao permitir o acesso às práticas da ciência.</p> <p>Definição diferente da estratégia "experimentação".</p>
20.	<p>Vídeo como ferramenta do processo ensino e aprendizagem;</p> <p>Filmes comerciais</p> <p>(recurso tecnológico)</p>	<p>Manfrim et al. (2014)</p> <p>Piassi e Pietrocola (2009)</p>	<p>Alertam para o fato de ainda haver um estranhamento por parte da escola acerca do uso de vídeos, pois as escolas são avessas ao universo das tecnologias digitais, mas os estudantes transitam muito bem por ela.</p> <p>É um potencial para desenvolver conhecimento, ainda mais quando são os estudantes os responsáveis em produzir os vídeos; pois desenvolve a criatividade ao serem estimulados por meio dos dispositivos audiovisuais, a explorarem novas perspectivas. Recurso com grande potencial para a aprendizagem entre os jovens.</p> <p>Os filmes para ser uma estratégia didática precisam ser problematizados e ter um planejamento para sua exibição.</p>

Em março de 2017 foi realizada uma busca no portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) com o descritor "estratégia didática", quando foi possível perceber nos resultados que se trata de um termo muito comum em Língua Espanhola e menos comum na Língua Portuguesa. São muito usadas no ensino de Biologia, porém os autores não as nomeiam como 'estratégias didáticas'.

Trata-se de um campo bastante rico em oportunidades para o uso de estratégias. Outras que podem ser mencionadas são: a aula tradicional, o trabalho em grupo, a tutoria e

a resolução de exercícios, com discussões. Dessa forma, 'estratégias didáticas' é um termo guarda-chuva, não é uma substituição ou uma expressão nova, mas sim, uma forma de agregar tantas metodologias usadas na educação com o intuito de ensinar.

A escolha da estratégia didática pelo professor para ser usada com os estudantes precisa considerar: a ativa participação dos estudantes, um elevado grau de realidade ou concretização dos estudantes e, um maior interesse pessoal ou envolvimento dos estudantes. Precisa considerar, ainda, os objetivos a serem atingidos com o uso da estratégia, ao considerar a metodologia do professor que julga e avalia o papel do estudante e dos recursos disponíveis. Neste ponto, o docente precisa conhecer as estratégias para fazer a escolha (VIEIRA; VIEIRA, 2005). Como afirmam:

É importante conhecer estratégias de ensino, possuir dados de investigação sobre a forma como funcionam em diferentes contextos de ensino e de aprendizagem e quais as potencialidades que possuem, pois, assim, poder-se-á racionalmente escolher a estratégia de ensino mais adequada ao contexto educativo em causa (VIEIRA; VIEIRA, p. 10, 2005).

As estratégias didáticas requerem do professor que o mesmo exerça a função de pesquisador; já que precisa escolher entre várias, qual será a mais pertinente dentre seus objetivos de ensino, estudantes e infraestrutura presente no colégio ou outro local escolhido, assim como as questões a serem formuladas aos estudantes. Desta forma, cada professor-pesquisador pode desenvolver sua própria estratégia de ensino e aprendizagem, já que cada um pode ressignificá-las e ou criá-las a qualquer momento, sendo oportuno e promissor seu desenvolvimento ao campo investigado. As estratégias se apresentam com inúmeras possibilidades para o ensino e para a aprendizagem, desde que haja o prévio planejamento em seu uso.

Por que usar estratégias didáticas e não continuar com as aulas chamadas "tradicionais"? Pozo e Crespo (2009) trazem a sua colaboração a ideia, já citada, de que o professor é o fornecedor da informação, enquanto o estudante o receptor. Não há uma interação construtiva e dialógica e sim, a transmissão de conhecimentos sem contextualizá-los e ressignificá-los. As estratégias didáticas permitem o desenvolvimento de outras habilidades requeridas atualmente na sociedade, como: protagonismo, proatividade, saber trabalhar em grupo, entre outros.

No presente, o uso de estratégias didáticas não é uma novidade nas salas de aulas, principalmente na primeira etapa do ensino fundamental (até o quinto ano). Porém no EM, os estudantes ainda se mostram confusos em realmente se libertarem de sua formatação 'caderno-quadro-livro'. Obviamente isso ocorre porque a maioria das aulas ainda é neste estilo; quando um professor se propõe a mudanças, os estudantes respondem positivamente a elas, mas é necessário estar atento para que a diversão de uma aula não perca seu objetivo principal: a aprendizagem (KISHIMOTO, 2011). "Certamente um dos maiores desafios do ensino científico é estimular a capacidade de problematização do

sujeito que se propõe a conhecer o mundo” (OLIVEIRA, 2005, p. 70) e as estratégias desafiam os estudantes.

De acordo com Barbosa e Costa (2011), é perceptível que os conteúdos de biologia molecular quando apresentados de forma abstrata, extrapolam a maturidade cognitiva dos estudantes. Os autores defendem então, algum recurso para a compreensão funcional dos conteúdos de Biologia, concretizando-os como recursos didáticos. Assim, ressalva ser de extrema relevância a criação e aplicação de novas metodologias e recursos didáticos para auxiliar na prática docente. Sacristán (2013) corrobora com o pensamento dos autores:

[...] entre a cultura mais elaborada (pelos especialistas) e a recepção do saber (pelos estudantes), existem agentes culturais mediadores, como os professores, os livros didáticos e demais materiais didáticos. Existe uma cultura que propõe conteúdos para os currículos. Há outra cultura mediadora, dos professores; que propõe um conhecimento peculiar expresso nos materiais didáticos; e, fruto das interações entre tudo isso, surge o conhecimento escolar que é transferido aos alunos (SACRISTÁN, 2013, p. 22 – grifo nosso).

Estes demais materiais didáticos, como os livros didáticos e exercícios, são as estratégias para o ensino e aprendizagem quando planejadas pelo docente e compõem o ensino formal.

A chamada transmissão de conhecimento que ocorre na aula tradicional quando o professor reverbera os conteúdos e os estudantes acriticamente o assimilam, não apresenta nenhum diferencial em relação às concepções prévias dos estudantes (DE OCA, 1995; KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005; BRÃO; PEREIRA, 2015). Tais aulas não são capazes de alterar as concepções, já que os educandos não empregam os conhecimentos cientificamente válidos em uma série de situações que estão presentes em seu cotidiano, e a genética, por exemplo, permanece como um assunto que pertence apenas à escola (BONZANINI; BASTOS, 2005; FREITAS, 2013). As estratégias didáticas permitem um diálogo mais aberto entre o conhecimento, os professores e entre os estudantes; além de oportunizar a autoaprendizagem, retornando à teoria da autopoiese.

As demandas do público atendido nas escolas na atual sociedade requerem que a escola revise suas práticas pedagógicas e a reorganização dos conteúdos nas séries escolares para serem ensinados, assim como repensar as estratégias didáticas ao visar a superação da aula verbalística, substituindo-a por práticas pedagógicas capazes de auxiliar a formação de um sujeito competente, apto a reconstruir conhecimentos e utilizá-los para qualificar e aplicar a sua vida (BORGES; LIMA, 2007).

Temp e Santos-Bartholomei (2013) chamam atenção para o modelo de aula ainda atual na maioria das escolas, a tradicional. Este modelo não tem sido suficiente para abarcar a diversidade de estudantes presentes nas escolas e suas necessidades, assim como, com os professores. Nas aulas tradicionais se parte do pressuposto que todos os estudantes presentes aprendem ao mesmo tempo e da mesma forma, quando na verdade cada

unidade autopoietica (o estudante) tem sem tempo e modo para aprender. Estes mesmos autores discutem que:

As aulas de genética estão alicerçadas em um modelo de transmissão de conhecimento, nas quais o professor mostra uma possível combinação de letras e cálculos de probabilidade e não havendo a preocupação com que o aluno compreenda a natureza das estruturas às quais estão sendo expostos e a necessidade de relacionar disciplinas diferentes, como a Biologia e a Matemática. Muitas vezes estudantes, e mesmo professores, se deparam com a difícil tarefa de compreender e correlacionar diferentes conceitos, oriundos de áreas distintas, para chegar à resposta correta pedida em determinado exercício. A utilização de métodos de ensino alternativos e lúdicos pode facilitar a construção dessas correlações (TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2013, p. 18-19 – grifo nosso).

De acordo com Justina e Ferla (2006) há limites no uso de modelos didáticos, já que os estudantes podem apresentar restrições no uso; o professor precisa alertá-los de que os modelos (e também as estratégias) são simplificações do objeto real ou fases de um processo de aprendizagem, sendo apontado como um perigo na ministração da aula o uso de modelos, quando na ausência de problematizações e se não forem explicitados aos estudantes os limites do material como mera representação.

Uma alternativa é pedir para que os próprios educandos façam seus modelos didáticos, pois a utilização de modelos no ensino de genética faz com que sejam apontados como facilitadores para a compreensão da genética escolar e seus conteúdos estruturantes, já que precisam pesquisar o tema e adequá-lo em uma estratégia, realçando o que for mais marcante.

Não se pode é esquivar que as estratégias didáticas são dinâmicas, e não uma atividade mecânica; é um caminho para envolver os educandos nas aulas e podem propiciar a compreensão dos conteúdos com resoluções de problemas, inclusive em momentos fora da escola. Assim, a autonomia do estudante para a promoção da articulação entre a teoria e a prática carece de ser valorizada pelo professor.

Uma habilidade que precisa ser desenvolvida é a de leitura e escrita entre os estudantes (FANG, 2005; CHASSOT, 2016). Pensar em uma estratégia didática que una estas habilidades associadas ao conhecimento científico enriquece a educação dos estudantes para que se amplie seus vocabulários e possa explicar os conteúdos a um observador (MATURANA; VALELA, 2011; MATURANA, 2014). Ao se considerar as categorias apresentadas por Vieira e Vieira (2005) enquadra-se na categoria 'abstrações da realidade', que demonstra a mais independente das categorias contempladas pelas estratégias aos estudantes.

Maturana e Varela (2011) chamam de 'condutas culturais' a estabilidade transgeracional de configurações comportamentais adquiridas na dinâmica comunicativa de um meio social. Tais condutas referem a todo o conjunto de interações comunicativas que permitem certa invariância na história de um grupo e dos indivíduos participantes. Pode

parecer forçado, mas os estudantes na escola sabem como se comportar e que tipo de aula reconhecer como “aula de verdade”, normalmente no modo tradicional: professor reproduzindo e estudantes absorvendo. As estratégias didáticas vêm contra este único modelo de aula. Não se trata de uma panaceia redentora e salvadora, mas tem o que contribuir para o processo educativo.

Portanto, as estratégias didáticas para o ensino e aprendizagem da genética e de seus conteúdos estruturantes não são vistos ou interpretados como redentores para a educação científica e para a “alfabetização genética” (KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005), o letramento genético, porém, cooperam para melhorar seu ensino, por demandar uma discussão intradisciplinar, entre outras. Estão na união de várias estratégias, metodologias, na revisão dos currículos, na melhor formação do docente, na valorização do professorado e na infraestrutura da escola, entre outras questões, permitindo melhorar o ensino e a aprendizagem da Biologia pensando no público que cada escola atende. Cada unidade escolar compreende seu público e suas demandas, e cabe-lhes a liberdade em escolher as metodologias de ensino e aprendizagem.

Este capítulo não tem a pretensão de encerrar a discussão sobre as estratégias didáticas e sim, de mostrar o quão plural e vasto é esta área e suas potencialidades para o processo de ensino e aprendizagem de qualquer conteúdo, e não necessariamente precisa ocorrer no ambiente escolar.

3 PERCURSO METODOLÓGICO: ONDE? QUEM? COMO?

O que você viveu ninguém rouba.

Gabriel Garcia Márquez

Este capítulo descreve os passos da pesquisa, os sujeitos investigados, assim como o *status quo* da situação estudada, o local e a metodologia para a coleta e análise de dados. Trata-se de uma etapa importante para se conhecer em que ambiente foi realizado a pesquisa e sob que aspectos legais a mesma ocorreu. Para isto, o primeiro momento tem como intenção esclarecer o contexto da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ) e seus aspectos restritos porque a pesquisa ocorreu nesta rede de ensino estadual; em um colégio específico, o Colégio Estadual Professora Alda Bernardo dos Santos Tavares, com estudantes das turmas 1008 e 1009 do ano letivo de 2015, turmas da pesquisadora, enquadrando esta pesquisa em um estudo de caso.

A pesquisa foi realizada com a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP-Fiocruz). A aprovação no CEP-Fiocruz ocorreu em 2014, sob a CAAE: 31442214.1.0000.5248 (ANEXO B). O penúltimo tópico deste capítulo aborda o instrumento utilizado como metodologia para analisar os dados, a Análise de conteúdo e o capítulo termina com a apresentação das estratégias didáticas vivenciadas pelos educandos.

3.1 O *status quo* do ensino médio na SEEDUC-RJ

O ensino médio (EM) é a etapa final da educação básica constituída na atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 1996 (LDBEN). A LDBEN/96 (BRASIL, 1996) define como finalidades do ensino médio a preparação para a continuidade dos estudos, a preparação básica para o trabalho e o exercício da cidadania, assim como determina a oferta de uma base nacional comum e uma parte diversificada para a organização do currículo escolar. A base nacional comum organiza-se em três áreas de conhecimento: as Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; as Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias. O conteúdo de Biologia se insere na área Ciências da Natureza.

O público do ensino médio é extremamente diverso, pois muitos já pensam na empregabilidade e veem a escola como um acesso a ela, e quando empregados, uns abandonam os estudos alegando falta de tempo, ou migram para o período noturno, outros só se preocupam em terminar, não importando em que condições; enquanto que outros têm o interesse no nível superior. Logo, o final da educação básica tem sido prejudicado por tais interferências, sendo necessário buscar formas de lidar com as relações: juventude, escola, cursos e empregabilidade, a fim de garantir a escolarização da população/cidadãos, uma vez que nem todos irão dar continuidade aos estudos.

Desta forma, a introdução de novas metodologias de ensino pode ser uma alternativa capaz de promover a oferta de uma formação integral e visível aos olhos dos estudantes que justifique seus estudos, além do diploma de concluinte. O desafio está em reinventar o EM para que os estudantes o vejam como promotor de mudanças em sua própria vida. Para que estes jovens não façam parte da geração '*nem nem*', jovens que não estudam e nem trabalham, portanto, sem uma formação e profissão (SILVA, 2016).

A respeito da área de Ciências da Natureza, Justina e Ferla defendem a ideia de que “ao concluir o Ensino Médio, o indivíduo conceba a Ciência como cultura, aplique o conhecimento científico e que tenha adquirido habilidades para relacioná-lo com outras áreas, para resolver problemas associados ao seu cotidiano” (JUSTINA; FERLA, 2006, p. 39). Especificamente, no estado do Rio de Janeiro, o currículo da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ) tem sofrido diversas intervenções; uma vez que em 2009¹⁸ foram divulgados os resultados da avaliação da educação dos vinte e seis estados, mais o Distrito Federal; o Rio de Janeiro ficou em penúltimo lugar, empatado com outros estados. Para alavancar a educação estadual do Rio de Janeiro uma série de ações tem sido feitas a partir de 2011; as mais conhecidas foram a criação do Currículo Mínimo (RIO DE JANEIRO, 2012) para cada disciplina, a implementação da gestão integrada escolar (GIDE) e as avaliações externas. Em 2011 o planejamento curricular das escolas da SEEDUC-RJ começou a contar com a referência do Currículo Mínimo, o de Ciências e Biologia foi a partir de 2012.

As avaliações externas foram o Sistema de Avaliação da Educação do Estado do Rio de Janeiro (SAERJ) e o Sistema de Avaliação Bimestral (SAERJinho). Todas as turmas do ensino médio faziam o SAERJinho que era bimestral (com a greve dos professores no ano letivo de 2016, foi suspenso e não ocorreu em 2017), porém apenas as turmas do terceiro ano faziam o SAERJ.

¹⁸ Reportagem sobre a educação estadual do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/educacao/estado-do-rio-pula-do-penultimo-lugar-para-15-no-ideb-5788508>>. Acesso em: 23 de jan. de 2016. Possível ler o discurso da meritocracia, como “bateu a meta” e “toda nossa formação é baseado no currículo”.

Já no segundo segmento do ensino fundamental, foi elaborado o chamado “SAERJinho” para as turmas do sexto ano e do nono ano, no modelo *input-output* (entrada-saída), para avaliarem o progresso ou não dos jovens (OLIVEIRA; JORGE, 2015). Apenas o nono ano fazia o SAERJ e depois foi incluído o sexto ano. No SAERJ eram avaliadas as disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática tanto no ensino fundamental quanto no médio, sendo obrigatório para os colégios da rede estadual de educação seguir o CM e pontuar as avaliações que contemplem o SAERJ, como medidas coercitivas como bonificações para o cumprimento do currículo e lançamento de notas no diário on-line (LEAL, 2013b).

A esse respeito, Botia e Bolívar-Ruano (2012), afirmam que o conhecimento disciplinar deve ser reorganizado e transformado, considerando: os estudantes, o contexto e o currículo. Todavia no Rio de Janeiro, professores da rede estadual precisam cumprir o mesmo currículo e treinar os educandos a realizarem as avaliações externas. Não há uma preocupação com um ensino holístico, apenas no que é preconizado no CM que automaticamente é o conteúdo que cai nas avaliações externas. Para acompanhar o desempenho, o governo do Rio de Janeiro criou o Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado do Rio de Janeiro (IDERJ)¹⁹ que é um indicador estadual com periodicidade anual e aplicação dos simulados já descritos (SAERJ e SAERJinho).

Por meio das avaliações externas (SAERJinho e SAERJ), configuram-se importantes instrumentos de regulação do trabalho docente, uma vez que os professores são considerados os responsáveis pelo desempenho dos estudantes em tais avaliações, com impacto direto na autonomia dos professores e suas práticas, já que serão selecionados para o ensino os conteúdos que serão mensurados pelas avaliações externas. Além disso, responsabilizam-se e culpabilizam-se os professores pelos resultados dos estudantes a tais avaliações (OLIVEIRA; JORGE, 2015).

As escolas da SEEDUC-RJ enfatizam, embora no último ano desta pesquisa (2017), com um discurso mais contido, a meritocracia, índices educacionais e as políticas de

¹⁹ O Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado do Rio de Janeiro (IDERJ) é produto de dois indicadores: Indicador de Desempenho (ID) e Indicador de Fluxo (IF). Muito similar ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), de interesse nacional, o IDERJ traduz duas realidades, fluxo e desempenho, em um número de 0 a 10. Anualmente, alunos concluintes do Ensino Fundamental e Ensino Médio, são submetidos ao Sistema de Avaliação do Estado do Rio de Janeiro (SAERJ), uma avaliação de proficiência em Língua Portuguesa e Matemática. Os resultados desta avaliação dão origem a Indicadores de Desempenho (ID) para as escolas. O Indicador de Fluxo (IF) é calculado através das taxas de aprovação divulgadas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Assim, o estado do Rio de Janeiro, estabeleceu um índice educacional próprio com vistas a subsidiar ações pedagógicas e acompanhar a evolução da qualidade da educação da rede de ensino estadual do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/seeduc/exibeconteudo?article-id=843535>>. Acesso em: 25 de jan. de 2016.

A explicação do cálculo do IDERJ é exemplificado no documento disponível em: <http://download.rj.gov.br/documentos/10112/553225/DLFE-37307.pdf/Informativo_AcompanhamentodeResultados.pdf>. Acesso em: 25 de jan. de 2016.

avaliação. “As agências internacionais promovem uma imagem negativa dos professores e associam o fracasso da educação ao magistério” (IVO; HYPOLITO, 2015, p. 368). O trabalho do professor passa a ser avaliado de acordo com os resultados dos estudantes a tais avaliações externas. Os resultados do SAERJinho fazem isto com os docentes de forma mais rápida. O que gera, no mínimo, um desconforto entre o corpo docente, ao ter seu “trabalho” comparado com os demais colegas docentes.

“Os profissionais da educação assumem os discursos das políticas oficiais, e acabam associando as novas exigências a uma maneira de melhorar a qualidade de seu trabalho e, por consequência, a qualidade do ensino na escola” (IVO; HYPOLITO, 2015, p. 375). Os resultados do SAERjinho e SAERJ se tornaram um eixo norteador das políticas educacionais no estado do Rio de Janeiro. Mas as discussões sobre as particularidades da escola, dos educandos, infraestrutura, corpo docente, entre outras, foram, e estão sendo, abafadas atrás da elevação dos índices.

A respeito da avaliação bimestral, somente no SAERJinho há questões de Biologia, com nove questões em três bimestres, pois no quarto bimestre ocorria o SAERJ que apenas as turmas do terceiro ano faziam, com questões de Língua Portuguesa e Matemática. As questões eram em acordo com o que foi estipulado no Currículo Mínimo, que é em desacordo com o que estava nos livros didáticos do triênio 2015-2017; os livros didáticos são os únicos recursos distribuídos uniformemente para todos os estudantes da rede pública de ensino (BRASIL, 2014).

Os livros didáticos estão em desacordo com o Currículo Mínimo da SEEDUC-RJ. Para contornar este contrassenso, atividades autorreguladas foram planejadas e organizadas pela SEEDUC-RJ. O problema é que elas estão em formato eletrônico e alguns estudantes alegavam não terem recursos para fotocopiar, ou mesmo *smartphones* e computador para consulta quando necessário. O livro didático distribuído gratuitamente se tornou mais confortável e é/foi, em muitos casos, o viável.

O ensino médio abordado neste estudo diz respeito ao de formação geral, sem formação específica, ou técnico-profissionalizante. As disciplinas cursadas são as mesmas do quadro 3.2.1, e os estudantes não têm nenhuma formação para o primeiro emprego. O CM permanece o mesmo elaborado em 2012 para o ano letivo de 2017 que foi o fim desta pesquisa. Desde sua formulação não passou por mudanças, o que deveria ter acontecido, ou pelo menos algumas discussões sobre o CM.

Em 2017 não houve a aplicação do SAERJinho, porém, no terceiro bimestre (setembro de 2017) as escolas da rede SEEDUC-RJ foram instruídas a planejarem e aplicarem um simulado com todas as disciplinas. Para o ensino fundamental apenas o nono ano, e no ensino médio, para todas as séries. Claramente se trata de uma substituição do

SAERJinho, uma vez que a matriz de referência para a elaboração das questões, pelos docentes de cada escola foi o próprio Currículo Mínimo.

A apresentação deste panorama se torna importante para o conhecimento do leitor do ambiente da SEEDUC-RJ, de seus mecanismos de controle (GIDE, SAERJinho e SAERJ) e como impactaram este estudo, pois a liberdade outrora enaltecida na LDB/96 não ocorreu durante a pesquisa, principalmente no ano das atividades com os participantes, (2015) pois os docentes precisavam cumprir o CM em detrimento das necessidades da comunidade escolar.

3.2. Ambiência da pesquisa. Onde?

A pesquisa com abordagem qualitativa e empírica de campo buscou explorar estratégias didáticas para investigar como ocorrem, e se ocorrem, mudanças no ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes em um colégio público estadual, o Colégio Estadual Professora Alda Bernardo dos Santos Tavares, chamado a partir de agora de Colégio Alda, ou simplesmente, Alda e caracteriza-se como um estudo de caso.

Este colégio fica localizado no bairro de Piabetá, pertencente ao sexto distrito, o de Vila Inhomirim, no município de Magé na Baixada Fluminense, logo, na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro. Este colégio têm estudantes matriculados predominantemente dos municípios de Magé e poucos de Duque de Caxias (FIGURA 3.2.1). É o colégio onde a pesquisadora desta tese foi professora efetiva desde 2006, enquadrando-se no perfil de professora-pesquisadora.



Fig. 3.2.1 – A Mapa 01. Magé na região metropolitana no estado do Rio de Janeiro

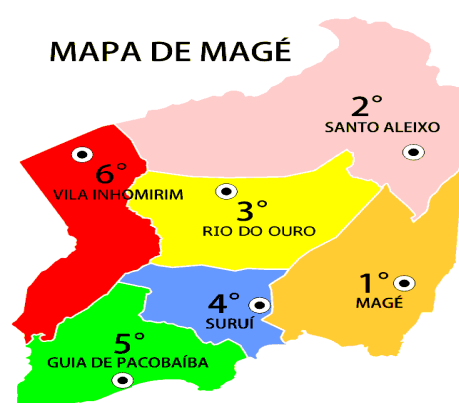


Fig. 3.2.1 – B. Mapa 02. Mapa de Magé distrital com os seis distritos. Piabetá faz parte do sexto.

Figura 3.2.1. Mapas do município de Magé, onde a pesquisa foi realizada

Fonte dos mapas apresentados: Mapa 01: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330250&search=rio-de-janeiro|mage>. Acesso em: 08 de jun. de 2014. Modificado.

Mapa 02: <http://www.mage.rj.gov.br/obras/index.php>. Acesso em: 17 de jun. de 2014.

O Alda pertence à jurisdição da SEEDUC-RJ; e a pesquisa ocorreu no período diurno. O Colégio Alda foi criado pelo Decreto nº 11.877 de 14 de julho de 1965, o qual tem como prerrogativa participar de projetos que despertem em seus estudantes o desejo em cursar o nível Superior. Portanto, esta investigação foi apresentada à direção do colégio que prontamente aceitou a participação na pesquisa (ANEXO C).

O Alda funciona nos três turnos com a administração da SEEDUC-RJ: o matutino, iniciando-se às 07h e terminando às 12h15 (com aproximadamente 525 estudantes em 2015); o vespertino que se inicia às 13h até às 18h15 (com aproximadamente 540 estudantes em 2015) e o noturno, que inicia suas atividades às 18h20 e findando às 22h (com aproximadamente 375 estudantes em 2015). Não há laboratórios e o pátio é muito pequeno.

O Alda apresenta-se com uma pluralidade de estudantes matriculados, embora seja um colégio público, percebe-se pela prática docente que nem todos os estudantes estão em vulnerabilidade social, ao menos no período diurno, por isso a expressão “pluralidade de estudantes matriculados”. Para acompanhar os três turnos de aula, o colégio conta com três diretores. O Alda apresenta 15 salas de aula em uso, e quase não há abandono escolar no período diurno, ao contrário, é um colégio muito procurado por diversas alegações, como boa localização no bairro e oferta de bom ensino entre as demais escolas públicas. As salas, em construção antiga, não comportam adequadamente o número de alunos matriculados. À noite há uma evasão maior em virtude do perfil do grupo que a frequenta, a maioria, trabalhadores, logo, precisam conciliar a escola e trabalho. Assim, muitos ao longo do ano abandonam os estudos.

Todos os professores de Biologia do Colégio Alda apresentam uma carga horária por matrícula de 16 horas, sendo quatro horas para o planejamento. Isto significa que este professor tem 06 turmas por matrícula, uma vez que a carga horária de Biologia na SEEDUC-RJ é de dois tempos de cinquenta minutos semanais, ou seja, cem minutos por semana, no período diurno.

Quando se pensa no ensino de Ciências Naturais (Biologia, Física e Química), o mesmo acumula 720 horas nos três anos do EM para o estudante. Não é o ideal quando se olha pela ótica de um ensino holístico, contextual e ao menos, multidisciplinar. Porém, ainda prevalece a visão cartesiana, ou seja, os professores e as disciplinas não conversam entre si. A estrutura não permite outra organização para as disciplinas no EM no Colégio Alda. A SEEDUC-RJ cumpre a determinação da LDBEN de 1996 que preconiza, ao menos 200 dias letivos, e as disciplinas que são ofertadas estão nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2013).

Quanto às disciplinas do ensino médio, foram oferecidas em 2017 treze para o primeiro ano do EM; quinze para o segundo ano do EM e, para o terceiro ano, quatorze

disciplinas; com as devidas cargas horárias (QUADRO 3.2.1). Nota-se que a oferta da disciplina Biologia ocorre nos três anos letivos do ensino médio de formação geral, contribuindo, aproximadamente, com 80 horas anuais em cada ano escolar.

Quadro 3.2.1. Distribuição das disciplinas e da carga horária do EM da SEEDUC-RJ do período diurno no ensino regular em 2017

Componente curricular	Tempos de aula em minutos por semana nos anos escolares			Carga horária anual por ano escolar			Carga horária anual em três anos do EM por disciplina
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	
Educação artística artes	-	100	-	-	80	-	80
Biologia	100	100	100	80	80	80	240
Educação física	100	100	100	80	80	80	240
Ensino religioso	50	50	50	40	40	40	120
Filosofia	100	50	100	80	40	80	200
Física	100	100	100	80	80	80	240
Geografia	100	100	100	80	80	80	240
História	100	100	100	80	80	80	240
Língua estrangeira – Espanhol (obrigatória)	100	100	100	80	80	80	240
Língua estrangeira – Inglês (eletiva)	100	50	50	80	40	40	160
Língua portuguesa/Literatura	250	200	200	190	160	160	510
Língua portuguesa – produção textual	-	-	100	-	-	80	80
Matemática	250	200	200	190	160	160	510
Matemática – resolução de problemas	-	100	-	-	80	-	80
Química	100	100	100	80	80	80	240
Sociologia	100	50	100	80	40	80	200

Fonte: SEEDUC-RJ, 2016.

Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/115528597/doerj-poder-executivo-11-05-2016-pg-12>>. Acesso em: 10 de jul. de 2016, pág. 12.
Resolução SEEDUC Nº 5440 de 10 de maio de 2016.

Nota: este quadro se refere ao EM regular do período diurno. É uma aproximação. Em relação à Língua Estrangeira obrigatória, a justificativa para ser o Espanhol, é o fato de haver apenas um professor com formação em Língua Inglesa, os demais são em Língua Espanhola no Colégio Alda.

O EM totaliza 3600 horas, aproximadamente, nos três anos, podendo chegar a 3640h, contando com a oferta da disciplina Ensino Religioso, não é obrigatória nas unidades escolares. 2014 foi o último ano em que o colégio apresentou ensino fundamental. Esse feito aumentou a oferta de turmas do EM, portanto, têm-se os seguintes dados para o EM nos anos letivos correspondentes a esta pesquisa (QUADRO 3.2.2). Consequentemente, os professores que antes lecionavam Ciências passaram a lecionar Biologia, após pedirem

habilitação²⁰ para tal disciplina. São 15 salas no Alda, sendo que cada turno possuiu aproximadamente: 35 estudantes pela manhã, 36 à tarde e 25 estudantes à noite por turma.

Quadro 3.2.2. Quantidade de turmas do EM, no período diurno do Colégio Alda

Ano letivo	Total de turmas 1º ano	Total de turmas 2º ano	Total de turmas 3º ano
2014	11 (tarde)	08 (manhã)	07 (manhã)
2015	14 (tarde)	08 (07 manhã e 01 tarde)	07 (manhã)
2016	09 (tarde)	12 (06 manhã e 06 tarde)	09 (manhã)
2017	10 (tarde)	09 (06 manhã e 05 tarde)	09 (manhã)

Os professores de Biologia do colégio Alda são todos graduados em Ciências Biológicas ou Ciências Físicas e Biológicas, e foram efetivados por meio de concurso público de provas e títulos para lecionar “Ciências” ou “Biologia”. Com o aumento da oferta de turmas do EM, houve uma migração dos professores de Ciências para lecionar Biologia, embora alguns lecionem também disciplinas como “Física” e “Química”, após pedirem a habilitação para a disciplina proponente. No decorrer do ano de 2017 o colégio Alda apresentou seis professores de Biologia assumindo turmas, ou seja, ministrando aulas (QUADRO 3.2.3). Uma professora foi readaptada para a biblioteca. Tal professora (E2009) permanece no quadro 3.2.3 porque sua licença pode ser revogada, mas a mesma não leciona desde 2015.

De acordo com Sacristán (2013) os professores tem uma finalidade fundamental no ato educativo com os estudantes: instigar ações de ensino e de aprendizagem. Para o autor a formação inicial dos professores tem significativo impacto em suas aulas; em especial os docentes do eixo temático “Ciências Naturais”, tiveram muita preocupação em encontrar soluções aos problemas técnicos (avaliar, qualificar, entre outras), pouco contribuindo para as discussões e reflexões dos problemas; e conseqüentemente, pouco discutindo com os estudantes.

Por se tratar de uma pesquisa que objetiva promover o ensino de genética, julga-se ser importante também conhecer os professores de Biologia do colégio Alda, portanto, foi realizada uma pesquisa documental em suas pastas no colégio, intermediada pela agente pessoal do Colégio Alda, buscando-se informações como o tempo de formação e se possui pós-graduação, ou não. “Desta forma suas [professor] práticas não estão restritas à sua individualidade. Ele compartilha vivências, saberes e fazeres como parte integrante do processo educativo” (FONTOURA; PIERRO; CHAVES, 2011, p. 72). Não houve entrevistas ou pesquisa com os professores de Biologia, exceto em sua pasta funcional.

²⁰ Habilitação é uma prática comum na rede SEEDUC-RJ, um docente ingressa na rede, por exemplo, para lecionar Ciências no ensino fundamental, porém tendo a oportunidade de lecionar no ensino médio, precisa pedir habilitação (uma licença) para lecionar Biologia. O mesmo ocorre com outras disciplinas, como professor de Matemática que pede habilitação para lecionar Física, entre outros casos.

Os professores que participaram nesta pesquisa foram nomeados por um código alfanumérico, no qual as letras seguidas dos anos significam os professores mais antigos e anos que entraram no Alda, sendo “A” o com matrícula mais antiga, com ano de entrada no Alda em 2005 e assim sucessivamente. Estas informações encontram-se no quadro 3.2.3. Neste quadro foram inseridos todos os professores de Biologia, independentemente se lecionam no período diurno ou noturno, por considerar que a troca de horários é uma prática comum.

Quadro 3.2.3. Professores de Ciências e Biologia do colégio Alda

Professor	Formado no ano de	Faculdade		Graduado / Licenciado em	Leciona ou lecionou outra matéria nos últimos 05 anos no Alda? Qual? (2012)		Disciplina de ingresso no concurso	Quantas matrículas no Alda/horas semanais	Reside em Magé?	Pós-graduação?	Pós-graduação?			Ano da pesquisa
		Pública	Privada		S/N	Qual(is)?					Lato sensu	Mestrado	Doutorado	
A2005	2000		X	Ciências Físicas e Biológicas	Não	-	Ciências	1/16h	Sim	Não	-	-	-	2014
B2005	2001		X	Ciências Biológicas	Sim	Química	Ciências	1/16h	Sim	Sim	Ciência Ambiental	-	-	2014
C2006*	2004	X		Ciências Biológicas	Não	-	Ciências	1/16h	Não	Sim	Ensino	Ensino	Ensino	2017
D2009					Não		Biologia	1/16h	Não					2014
E2009	2004		X	Ciências Biológicas	Não	-	Biologia	1/16h	Sim	Não	-	-	-	2014
F2010	2005		X	Ciências Biológicas	Não	-	Ciências	1/16h	Não	Não	Ensino	-	-	2017
G2010	2008		X	Ciências Biológicas	Não	-	Ciências	1/16h	Não	Não	-	-	-	2014

Fonte: Arquivos do colégio Alda em 17 de jun. de 2014 e 22 de mar. de 2017.

*É a pesquisadora deste trabalho.

Nota: o professor D2009 não entregou nenhuma documentação desde que ingressou no Alda, sua pasta funcional encontra-se vazia. Embora tenha sido pedida a documentação pela agente pessoal, o mesmo se nega a entregar, alegando já ter feito isso quando tomou posse na Serrana I. Este relato foi dado pela agente pessoal em 02 de fevereiro de 2016, de acordo com a mesma é uma pessoal difícil de lidar.

A professora E2009 entrou no estado com matrícula de Biologia, porém encontra-se afastada da sala de aula por licença médica. A licença pode ser revogada. Em 2017 saiu uma resolução afirmando que não há mais diferença entre os concursos de acesso. Professores de Ciências e Biologia podem agora dar aulas destas disciplinas, sem a necessidade de pedir a habilitação.

Este quadro demonstra a importância em também investir no corpo docente para a melhoria do ensino e aprendizagem, informando como está frágil a situação da educação pública estadual no Rio de Janeiro; já que a realização de pós-graduação ainda é uma prática pouco presente no corpo docente de Biologia do Colégio Alda (e provavelmente em diversas outras escolas do estado e do município). Silva e Jacomini (2017) alegaram que ocorreu um aumento na realização de pós-graduação, contudo ainda há percalços a serem vencidos para que os professores da educação básica realizem as pós-graduações, como a liberação para a formação continuada. Embora seja estimulada, atualmente pela direção e por outros colegas que já ingressaram em cursos de pós-graduação independentemente de suas áreas de formação. Nesta direção, “a escola não pode mais proporcionar toda a informação relevante, porque esta é muito mais móvel e flexível do que a própria escola” (POZO; CRESPO, 2009, p. 24); quando o professor faz uma formação continuada se sente mais seguro para realizar novas abordagens para o ensino e assim, cooperar para o ensino e aprendizagem. “Os professores são fundamentais para melhorar a aprendizagem e incrementar qualidade à educação” (BOTIA; BOLÍVAR-RUANO, 2012, p. 19).

Marandino et al. (2005) discutem a desqualificação e desvalorização dos professores nos anos 1960 e 1970, mas que ainda hoje tem eco, haja vista a desvalorização salarial do professor que o obriga a assumir muitas turmas, a trabalhar muito e automaticamente falta-lhe tempo para a formação continuada ou mesmo leituras que o ajudariam na prática do magistério.

Quanto aos indicadores do Alda, seu Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB²¹) em 2013 foi de 4,1; enquanto que a meta era de 5,1, logo, ficou abaixo do esperado²².

3.2.1 O ano letivo da SEEDUC-RJ em 2016: um ano de greve e singular

O ano letivo de 2016 iniciou com efervescência nas escolas da rede SEEDUC-RJ, o que ocorreu pela ausência de reajuste salarial por dois anos, imposição da SEEDUC-RJ em manter suas avaliações externas e a GIDE como agentes vigilantes em cada escola e, o sucateamento das escolas, como a ausência de material de apoio pedagógico (papel, fotocópias, tinta para recarregar a caneta de quadro branco, entre outros insumos); redução da alimentação; falta de investimento na infraestrutura (salas que chovem dentro, telhas quebradas, falta de manutenção permanente), e dos próprios funcionários da escola, e terceirizados; as escolas da SEEDUC-RJ ficaram, e continuam, sem porteiros e outros funcionários que agem como cooperadores do ato pedagógico, como os funcionários da

²¹ Disponível em: <<http://idebescola.inep.gov.br/ideb/escola/dadosEscola/33053413>>. Acesso em: 21 de jan. de 2016

²² O código do Colégio Alda para pesquisa no sítio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) é: 33053413

limpeza. Realmente está sendo um sucateamento vergonhoso! Com este panorama, no dia 02 de março de 2016 foi deflagrada a greve dos professores, que foi suspensa em 26 de julho de 2016, sem maiores avanços dentro da pauta de reivindicações.

De acordo com o sindicato dos professores, mais de 70% do corpo docente aderiu à greve, no primeiro mês o governo ignorou o movimento, apenas quando no segundo mês uma escola situada na Ilha do Governador, no município do Rio de Janeiro, foi ocupada pelos estudantes o governo passou a negociar, disse que não haveria reajuste. O secretário de educação, (professor de Sociologia) Antônio Neto foi exonerado e o engenheiro Wagner Victer assumiu a pasta para apaziguar os ânimos, mas sem negociação o movimento se fortaleceu, pois outras escolas foram ocupadas pelos estudantes, e até a sede da SEEDUC-RJ foi ocupada.

No final de junho houve pela justiça o corte de ponto, o que obrigou muitos professores, mesmo insatisfeitos a retornarem para as escolas. Mesmo assim, o estado de greve permaneceu. Em 17 de junho de 2016, o governador em exercício, Francisco Dornelles, decretou estado de calamidade pública devido à crise financeira no Diário Oficial. A medida foi publicada no Diário Oficial do Estado (RIO DE JANEIRO, 2016). No texto, o governador pontuou que o decreto visou a garantir o cumprimento das obrigações estaduais com a realização dos Jogos Olímpicos, que tiveram seu início em agosto do mesmo ano. Em 2016 as escolas da SEEDUC-RJ tiveram um recesso de trinta dias no mês de agosto devido a realização dos Jogos Olímpicos.

Nos primeiros oito parágrafos do decreto, são detalhados os motivos que levaram à decretação do estado de calamidade, incluindo a crise econômica que atinge o estado, a queda na arrecadação com o ICMS e os *royalties* do petróleo, a dificuldade do estado em honrar os compromissos para a realização dos Jogos Olímpicos, dificuldades na prestação de serviços essenciais, como nas áreas de segurança pública, saúde e educação.

Neste cenário, a greve dos professores se arrastou até julho, ou seja, quase chegou a cinco meses, sem nenhum avanço significativo diante dos pedidos. O que houve de mudanças foram que as disciplinas Filosofia e Sociologia passaram a ter dois tempos de aula nas séries escolares do EM, e que a partir de 2017 as escolhas das direções passaram a ser realizadas pela comunidade escolar, e não mais pela SEEDUC-RJ. Enquanto que em relação ao reajuste salarial, cumprimento de 1/3 de planejamento (por exemplo, Biologia é para ter cinco turmas e não seis para um professor com matrícula de 16h), retorno dos funcionários terceirizados, entre outras demandas do movimento grevistas; não houve avanços. O previsto era realizar uma investigação da temática desta pesquisa com as turmas do terceiro ano do ano letivo de 2016, contudo, com a questão da greve, foi impossibilitada. Em 2016, o projeto estagnou por conta do contexto da greve, sendo que os

pontos de tensões não foram resolvidos, continuam se acumulando e pioraram em 2017. Isto impactou negativamente no desenvolvimento do projeto em 2016, que não avançou.

No ano letivo de 2017 as mudanças que ocorreram foram nas cargas horárias das disciplinas de Filosofia, Língua Portuguesa, Matemática e Sociologia que passaram a ter os tempos de aula de acordo com o apresentado no quadro 3.2.1.

Uma das conquistas da greve foi o fim do SAERJ e SAERJinho, porém foi negociada uma outra metodologia para avaliar as escolas, sendo mais parecido com o ENEM; o que está sendo interpretado aqui como o simulado de setembro de 2017. Sobre o Currículo Mínimo não houve discussões até o fim do ano letivo 2017, e permaneceu o mesmo de 2012.

3.2.2 Os participantes do estudo. Quem?

Para este grupo foram entregues o termo de consentimento livre esclarecido e o termo de cessão de imagem (APÊNDICES A e B). Os episódios de ensino foram registrados por meio de anotações em caderno de campo e fotografias. As atividades de coleta de dados foram realizadas em turmas do primeiro ano do ensino médio escolhidas para o projeto no ano letivo de 2015, sendo elas: turma 1008 e 1009 (FIGURA 3.2.2.1).



Figura 3.2.2.1. Imagens das salas de aula do Alda e participantes do estudo de caso
A e B: turma 1008; C e D: turma 1009

Todos os estudantes participantes da pesquisa vivenciaram as mesmas oportunidades e estratégias (matriculados em seis turmas), porém, para análise dos dados, somente estas duas turmas do primeiro ano do EM foram escolhidas (1008 e 1009). Os critérios para a escolha foram a proatividade e envolvimento dos estudantes, associado a um amadurecimento necessário para a realização do projeto, além do horário do início das aulas (partir de 14h40), pois há impacto real do horário do transporte público no quesito frequência. Infelizmente o município de Magé não apresenta uma adequada e regular rede de ônibus capaz de conduzir os estudantes. Muitos chegavam, e continuam chegando atrasados no colégio. A situação do atraso é considerada normal no currículo oculto do colégio, mas atrapalha muito o andamento da aula nos primeiros tempos de aula.

Em 2015 a professora-pesquisadora teve seis turmas do primeiro ano lecionando Biologia. Com a intenção de usar as estratégias didáticas para o ensino dos conteúdos estruturantes, foram 38 estudantes (E01-E38) que responderam o questionário de concepções prévias no dia 22 de maio de 2015 (APÊNDICE C).

Para analisar as concepções dos estudantes sobre a temática genética no colégio Alda em 2015, foram utilizados como instrumento de coleta de dados dois questionários para duas turmas do terceiro ano do EM (3001 e 3002) (QUADRO 3.2.2.2). Estes estudantes responderam os questionários em dois períodos distintos: um em agosto e outro em dezembro (APÊNDICES D e E).

Os 38 estudantes do primeiro ano de 2015 tinham idades variando entre 14 a 18 anos; sendo doze do sexo masculino e vinte e seis do sexo feminino; apenas uma estudante era repetente. Já os estudantes do terceiro ano de 2015 que responderam ao segundo questionário tinham idades variando entre 16 a 20 anos, sendo 19 do sexo masculino e 41 do sexo feminino, como discriminado no quadro 3.2.2.2. Usando o primeiro questionário, do dia 19 de agosto de 2015, percebe-se que dos cinquenta e cinco participantes neste dia, cinquenta afirmaram que estudavam no Colégio Alda desde o primeiro ano do EM, pelo menos; enquanto que três entraram no segundo ano do EM e dois, no terceiro ano do EM. Assim, a maioria é do sexo feminino e estudaram no Alda desde o primeiro ano. O número de participantes no projeto foi de 48 estudantes, que receberam um código alfanumérico (E01 a E48).

Ainda sobre o terceiro ano de 2015, foram utilizados dois questionários para coleta de dados, sendo que quarenta e oito estudantes estavam nos dois dias da coleta. Mas como algumas perguntas eram diferentes, considerou-se o número total dos presentes nos dois dias. Os participantes em comum em cada data de aplicação (19 de agosto e 02 de dezembro), ou seja, 48 participantes.

Os estudantes do terceiro ano receberam o código alfanumérico do primeiro dia E01-1 a E48-1, por conta do primeiro questionário utilizado para coleta de dados em agosto (por

isso o “-1”) e o segundo questionário para os mesmos participantes do primeiro questionário receberam o código alfanumérico E01-2 a E48-2, por ter sido o segundo questionário aplicado em dezembro (por isso o “-2”). Tais participantes não faziam parte do grupo de estudantes da turma regente da professora-pesquisadora, logo, não vivenciaram nenhuma das estratégias didáticas usadas com as turmas do primeiro ano.

No ano de 2017 vinte estudantes (agora no terceiro ano) responderam à convocação e responderam um questionário, os quais haviam vivenciado as estratégias em 2015 quando eram estudantes do primeiro ano do EM. O quadro 3.2.2.2 sumariza os atores e etapas metodológicas da presente tese.

Quadro 3.2.2.2. Turmas pesquisadas em 2014, 2015 e 2017

Ano	Total de estudantes e turmas do 1º ano		Total de estudantes e turmas do 3º ano		
2014	Não foi realizada nenhuma atividade		116 estudantes Trabalho de Barbosa et al. (2015)		
2015	Turma 1008	Turma 1009	Turma 3001	Turma 3002	
Questionários 2015	25 estudantes matriculados	30 estudantes matriculados	38 estudantes matriculados	37 estudantes matriculados	
	01 questionário no dia 22 de maio de 2015. Responderam:		1º questionário em 19 de agosto de 2015. Responderam:		
	14 estudantes	24 estudantes	26 estudantes E01-1 a E23-1	29 estudantes E24-1 a E48-1	Em comum 48 estudantes E01 a E48
	38 questionários respondidos E01 a E38		2º questionário em 02 de dezembro de 2015. Responderam:		
			30 estudantes E01-2 a E23-2	30 estudantes E24-2 a E48-2	Em comum 48 estudantes E01 a E48
			55 questionários respondidos (1º)		
	60 questionários respondidos (2º)				
Total	E01 a E38		E01-1 a E48-1 (questionários de agosto) E01-2 a E48-2 (questionários de dezembro)		
2017	20 estudantes do terceiro ano em 2017 que participaram das estratégias didáticas em 2015 (E01 a E20)				

3.2.3 Desenho metodológico. Como?

Como não se desejava reproduzir um modelo *input-output* (entrada-saída), as etapas de avaliações foram realizadas por meio de anotações no caderno de campo, fotos, depoimentos e questionários (OLIVEIRA; JORGE, 2015), além da discussão sobre autopeiose que transpassa a pesquisa.

Esta escolha foi realizada por acreditarmos que a percepção dos participantes se transforma diante dos temas abordados e com o passar do tempo. E também não é a resposta de um questionário, apenas, que afirmará se houve ou não melhora na promoção do ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes. Optou-se pelo resgate dos

participantes, que em 2017 estavam no Colégio Alda para a realização de um encontro que foi realizado no mês de agosto daquele ano.

A pesquisa consistiu em uma intervenção na qual foram apresentadas diversas estratégias didáticas, visando provocar situações de aprendizagem sobre conceitos da citologia e da genética. A cada estratégia didática foi registrada no caderno de campo a autoavaliação da estratégia pelo olhar da pesquisadora. A figura abaixo resume o desenho metodológico que foi utilizado no Colégio Alda (FIGURA 3.2.3).

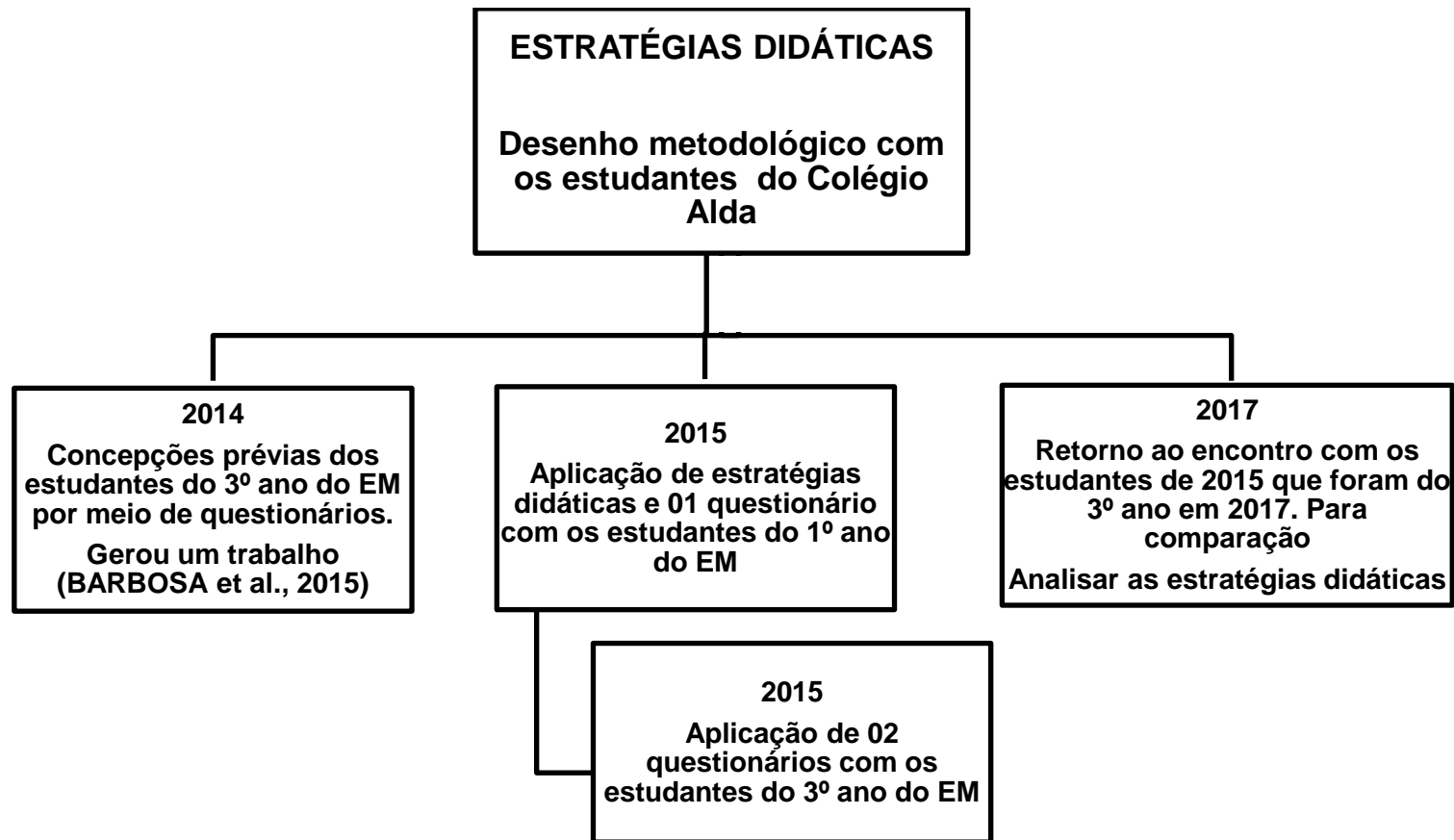


FIGURA 3.2.3. Desenho metodológico da pesquisa no Colégio Alda

3.3 Instrumento metodológico: a Análise de Conteúdo

A Análise de Conteúdo (AC) é um instrumento de avaliação para o tratamento dos dados coletados durante uma pesquisa. Pode ser usado em pesquisas com abordagens quantitativas, qualitativas e quali-quantitativa; logo a AC é um instrumento metodológico para qualquer abordagem de pesquisa. É um recurso que propicia descobertas com relevância científica e teórica ao campo investigado, e permite a emergência das categorias que são discutidas com o referencial teórico.

É uma técnica de análise das mensagens com um trabalho exaustivo; embora atualmente haja a colaboração de programas de computador. Conforme Bardin (2011) afirma, há dois objetivos correspondentes à AC: superar incerteza (desejo de rigor) e enriquecer a leitura (necessidade de descobrir, de ir além das aparências) superando, desta forma, uma interpretação subjetiva.

A AC é um conjunto de técnicas de análise das comunicações (as mensagens); e o campo da AC deve ser bem delimitado para evitar futuros equívocos nos resultados advindos da mesma, já que a AC busca a compreensão das mensagens e para isso considera as significações (conteúdo) e a distribuição desses conteúdos e formas. Não existe coisa pronta na AC e sim algumas regras instituídas, que são suas fases.

Esta análise permite explorar, descrever e interpretar os resultados para além de uma visão pessoal, pois se constitui em uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos, o que ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados em um nível que supera uma leitura comum, por se tratar de um campo de sistematização da análise do conteúdo das mensagens, de seus interlocutores.

Por mensagens entendem-se todas as formas de comunicação, seja qual for a natureza do seu suporte, como: o código linguístico (escrito e oral), icônico (sinais, grafismo, imagens, fotografias, filmes) e os códigos semióticos (tudo o que não é linguístico e pode ser portador de significações). Contudo, para que a informação contida na mensagem seja acessível e manejável, é preciso tratá-la de modo a permitir chegar a representações condensadas (que é a análise descritiva do conteúdo) e explicativas (AC veiculando informações suplementares adequadas ao objetivo a que se propõe investigar). A AC procura conhecer aquilo que está por trás das palavras, nesse sentido o objeto da AC é a palavra sendo o ponto de partida a mensagem.

Ao se usar a AC como metodologia de análise, deve-se reconhecer que a mesma requer que as descobertas tenham relevância teórica e científica. Uma informação do emissor fora do contexto a ser investigado apresenta pouco valor significativo (por isso se

cria a categoria denominada 'Outros'²³). “O que está escrito, falado, mapeado, figurativamente desenhado, e/ou simbolicamente explicado sempre será o ponto de partida para a identificação do conteúdo, seja ele explícito e/ou latente” (FRANCO, 2012, p. 17). O teor de pesquisa dado pela AC vem de sua metodologia de análise que se apoia no tema, no pressuposto, na pergunta e no(s) objetivo(s) da pesquisa, visto que a AC requer que as descobertas tenham relevância teórica (LEAL; RÔÇAS, 2017).

É por meio do conteúdo manifesto e explícito - a mensagem, que se inicia o processo de análise; contudo não impede de se realizar uma análise no conteúdo “oculto”, ou seja, aquilo que não está explícito, mas com o cuidado de não cair em uma análise e resposta desejada pelo analista, subjetiva, ou no senso comum. Para Franco “a análise e a interpretação dos conteúdos obtidos enquadram-se na condição dos passos (processos) a serem seguidos” (2012, p. 31).

A organização e planejamento para a realização da AC engloba o delineamento de um plano de pesquisa cuja função é coletar e analisar dados a fim de responder à pergunta do investigador. Assim, um bom plano deve explicitar e integrar:

procedimentos para selecionar uma amostra de dados para análise, categorias de conteúdo e unidades de registro a serem enquadradas nas categorias e as classes de inferência que podem ser extraídas dos dados. Isto quer dizer que o investigador deve ter uma ideia muito clara da racionalia [racionalidade] de sua pesquisa, deve ser capaz de especificar o tipo de evidência necessário ao teste de suas ideias, bem como deve saber as análises que terá que fazer, uma vez que os dados tenham sido colhidos e codificados, para além das inferências que eles lhe permitirão estabelecer. Em suma, um bom plano garante que teoria, coleta, análise e interpretação de dados estejam integrados (FRANCO, 2012, p. 39 – grifo nosso).

A partir da definição da abordagem da pesquisa, a definição dos objetivos, delineado o referencial teórico para discussão dos resultados, e o conhecimento do tipo de material a ser analisado, o analista começa a se defrontar com os problemas técnicos, a começar pelas unidades de análise (onde transforma o texto - discurso - em unidade de análise). As unidades de análise dividem-se em: a) Unidade de Registro (UR) e; b) Unidade de Contexto (UC).

“A UR é a unidade de significação codificada e corresponde ao segmento de conteúdo considerado unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial. A UR pode ser de natureza e de dimensões muito variáveis” (BARDIN, 2011, p. 134). Compõem as UR: a palavra, o tema, o personagem, o item. O deste estudo foi escolhido o ‘tema’, porque é a mais útil UR; ser uma asserção sobre determinado assunto, consegue ser uma simples sentença ou um conjunto delas (como é o caso das respostas dos participantes). A dificuldade está em ter um grande número de respostas permeadas por diferentes significados, por isso as regras para a realização da AC devem ser claras para o

²³ A categoria nomeada de “Outros” nesta pesquisa aglutina um conjunto de respostas que se esvaem da perguntada realizada ou quando não foram respondidas.

analista compreender os caminhos seguidos. Já a Unidade de Contexto (UC), “é a parte mais ampla do conteúdo a ser analisado, porém indispensável para a necessária análise e interpretação dos textos a serem decodificados” (FRANCO, 2012, p. 49). Para que se possa estabelecer a imprescindível diferenciação resultante dos conceitos de ‘significado’ e de ‘sentido’, a unidade analítica é o tema.

A partir desta apresentação da AC e suas delimitações para ser usada em uma pesquisa, ocorrem as fases da AC que permitem a emersão das categorias que são os resultados da AC. São três as fases: 1) Pré-análise; 2) Exploração do material; e 3) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A primeira fase é a ‘pré-análise’, que consiste em organizar os dados, é o primeiro contato com o material a ser analisado, é subdividida em cinco etapas: a leitura flutuante, a escolha dos documentos, a formulação do pressuposto, a referência aos índices e a preparação do material.

A segunda fase é a ‘exploração do material’ é a mais longa (com seis possíveis análises: análise categorial; análise de avaliação; análise de enunciação; análise proposicional do discurso; análise da expressão; e a análise das relações) e depende das escolhas realizadas na pré-análise (LEAL; RÔÇAS, 2017). Consiste em operações de codificação, decomposição ou enumeração, em função de regras previamente formuladas. A escolhida para esta pesquisa foi a análise categorial, também conhecida como análise temática, ou ainda, de análise categorial temática “é rápida e eficaz na condição de se aplicar a discursos diretos (significações manifestas) e simples” (BARDIN, 2011, p. 201).

A codificação é muito importante nesta segunda fase, porque corresponde a uma transformação dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo ou da sua expressão. Momento em que as categorias emergem (BARDIN, 2011).

A última fase ‘tratamento dos resultados, inferência e interpretação’ registra os resultados obtidos (as categorias) e interpretados, e são tratados para se tornarem significativos e válidos, e assim, permitir extrair as informações da análise (FIGURA 3.3).

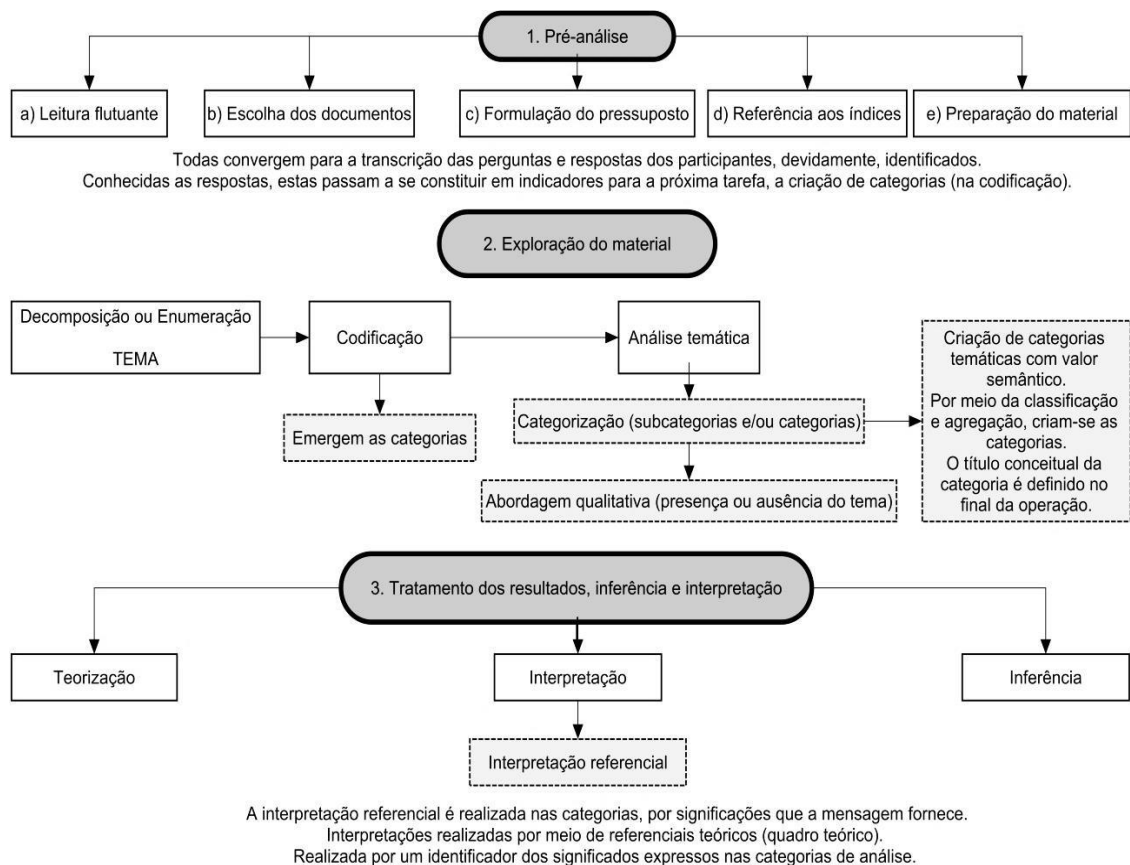


FIGURA 3.3. Etapas da Análise de Conteúdo qualitativa desta pesquisa

Recurso utilizado: *clickcharts by nch software*.

Disponível em: <<http://www.nchsoftware.com/chart/>>. Acesso em: 27 de fev. de 2017.

Fonte: Bardin (2011). Modificado da página 132 e Leal e Rôças (2017), p.219.

A AC continua em desenvolvimento e outros elementos são agregados à sua concepção, vai se modificando conforme cada analista realiza seu estudo; portanto, tem um potencial ilimitado. O apresentado neste estudo não é o fim e nem a AC completa, haja vista ser somente a com abordagem qualitativa, mesmo assim, promove descobertas com relevância científica e teórica ao campo de pesquisa.

Nesta perspectiva, a criação de categorias é o ponto crítico da AC. A formulação de categorias é um processo longo, difícil e desafiante. Em geral, o pesquisador segue seu caminho de criação de categorias embasado na temática da pesquisa, nos pressupostos, na pergunta, na justificativa, na relevância e no(s) objetivo(s) da pesquisa, junto com o referencial teórico, aliado à sua sensibilidade e intuição, como apresentado por Leal e Rôças (2017). Para Bardin, “a categorização tem como primeiro objetivo fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos” (2011, p. 148-149). Com as categorias definidas, as mesmas são discutidas à luz do referencial teórico. Neste estudo, optou-se pelas categorias temáticas.

Os títulos das categorias surgem pelo método de indução analítica (palavra indutora) e o método de comparação constante, ambos se fundamentam na indução, processo em que as regras de categorização são elaboradas ao longo da análise. Os títulos são mudados de acordo com o amadurecimento do analista junto com os resultados (as categorias), ou seja, com a prática de analisar e se for revisto por outro analista (pesquisador).

Acerca das subcategorias, elas não são obrigadas a surgirem, isso vai depender do material que foi analisado e se não tiverem expressividade o suficiente para se tornarem uma categoria própria, neste contexto, ficam agregadas à categoria original.

Sendo assim, a AC se revela com grande potencial para a análise de dados, permitindo ao usuário abordagens de pesquisa quantitativa, quali-quantitativa e qualitativa, o que permite opções em seu emprego já que seus resultados se mostram objetivos. Suas críticas afirmam se tratar de um instrumento amplo demais, mas como visto aqui há passos a serem seguidos para se ter um teor metodológico e científico.

Os resultados da AC são as categorias, que nesta pesquisa surgiram após a análise dos dados, estas são discutidas com o referencial teórico que abarca a pesquisa, dando-lhe autoridade para seu uso em pesquisas. Para a organização e exploração do *corpus* da pesquisa foram feitos quadros com a transcrição das respostas, onde “E” significa estudante, seguido da ordem alfabética; assim “E01” da turma analisada do primeiro ano, progressivamente até o “E38”. Nos quadros para a realização da AC, usa-se “E” ou numerada pela professora-pesquisadora após a entrega do questionário. Torna-se um símbolo com menor número de informações e, portanto, mais simplificada.

3.4 Ações com os participantes: as estratégias didáticas em 2015

Em maio de 2015, os 38 estudantes do primeiro ano do EM responderam um questionário a respeito das concepções prévias (APÊNDICE D). Após a análise inicial, estratégias didáticas foram planejadas para serem utilizadas ao longo do ano com estes estudantes. Foi preparada uma aula teórica sobre os temas abordados no questionário.

Nesta aula teórica foram apresentadas as principais características da molécula do DNA e sua implicação na genética. Por sua extensão, esta aula necessitou de dois dias, pois houve muitas dúvidas sobre a temática, além de novidades que foram constatadas quando o questionário das concepções prévias foi analisado. Considerada uma aula expositiva-dialogada, que objetivou apresentar os ácidos nucleicos e seu papel na hereditariedade, este momento ocorreu na sala de aula.

Gradativamente foram sendo acrescentados conceitos sobre ácidos nucleicos, como suas estruturas e localidade nos seres vivos, em conjunto com células e gametogênese. Para isso, foi necessário quadro branco, *Datashow* e computador. Exercícios do livro

didático foram utilizados. Os estudantes reclamaram da imensa quantidade de nomes específicos, para eles, uma novidade.

Foram realizadas nove estratégias didáticas com os participantes das turmas do primeiro ano do EM, a saber: origami, painel de células, música ácidos nucleicos, extração do DNA da cebola, quadrilha da mitose, seminários de artigos da revista Genética na Escola, filme “Gattaca – experiência genética”, produção de vídeos no *movie maker* e a feira de material didático. Relata-se a seguir cada uma das propostas e seus desdobramentos:

a. ORIGAMI

A proposta foi utilizar dois artigos descritivos²⁴ para que os estudantes tivessem contato com o tema molécula do DNA. A atividade objetivou a confecção de origamis do DNA ao ler um dos artigos e assim, abordar a estrutura do DNA; a leitura dos artigos também foi pedida (FIGURA 3.4.1). Os estudantes apresentaram dificuldades em compreender a estrutura do DNA, indícios também encontrados por Eilam e Reiter (2014) que relataram a dificuldade em compreender a estrutura do DNA. Este molde do DNA está presente em um dos artigos e foi pedido para que os estudantes fotocopiassem; e nem todos conseguiram colorido, por isso, foram utilizadas canetas hidrocor para colorir.

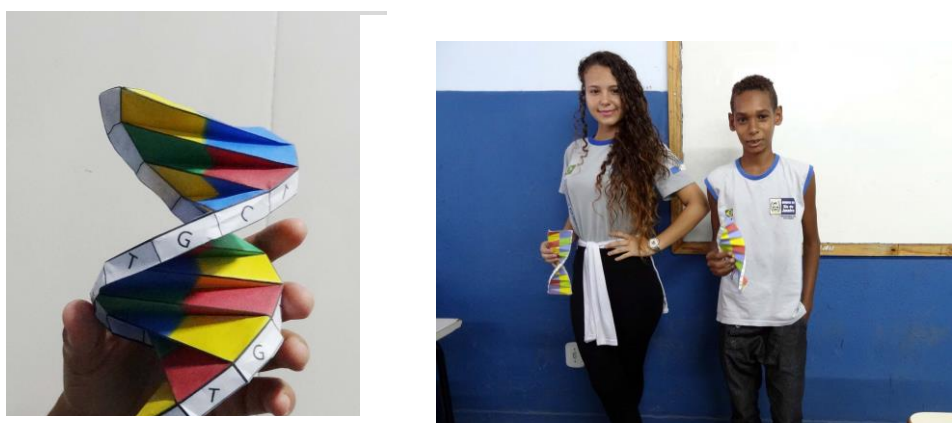


Figura 3.4.1. Atividade “Origami” realizada pelos estudantes

b. PAINEL DE CÉLULAS

Os modelos celulares são conteúdos complexos para os estudantes, pois não veem no desenho do “ovo frito” a representação da célula que compõem seu corpo (LEAL et al.,

²⁴ “O DNA em origami”, de Itácio Padilha. Disponível em: <http://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Origami/Artigos/DNA/o%20DNA%20em%20origami.pdf>. Acesso em: 17 de fev. de 2015.

E o segundo artigo: “Estrutura do DNA de origami – possibilidades didáticas”, de Lenira Sepel e Elgion Loreto, 2007. Disponível em: <<http://geneticaaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-21-Artigo-02.pdf>>. Acesso em: 17 de fev. de 2015.

2015). Logo, estimular a presença destes modelos com os estudantes pode permitir uma maior apreensão do tema. A biologia celular, ou simplesmente citologia, é um conteúdo estruturante para outros conhecimentos como genética e evolução, desta forma, quanto mais frequente for o contato, o uso da nomenclatura e a organização, provavelmente maior a aprendizagem. Esta atividade objetivou confeccionar os três modelos celulares (célula procariótica, célula eucariótica animal e célula eucariótica vegetal) em um painel de E.V.A. em cada sala e deixá-los expostos no mural. Foi o trabalho coletivo, que facilitou a integração e troca de informações entre os colegas (FIGURA 3.4.2).

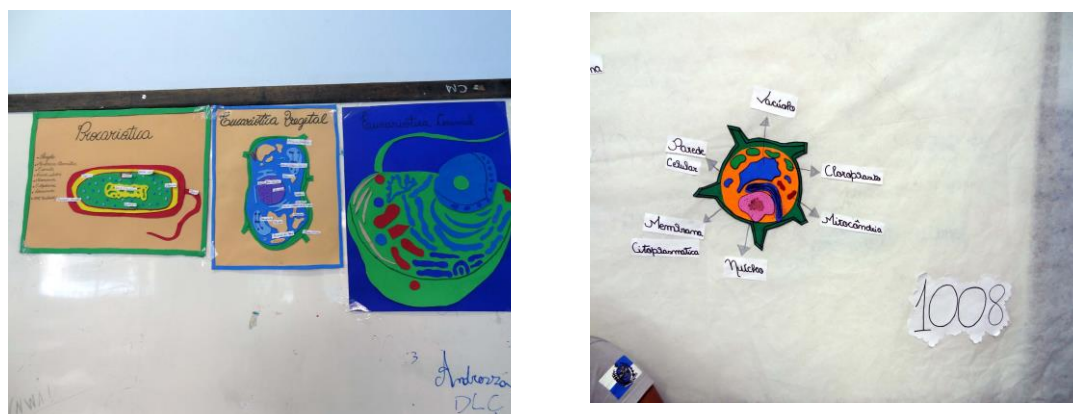


Figura 3.4.2. Painel de células confeccionado pelos estudantes do primeiro ano do EM

c. MÚSICA ÁCIDOS NUCLEICOS

Esta atividade teve como meta que cada turma cantasse a música “ácidos nucleicos”²⁵ a fim de conhecer os dois ácidos nucleicos (ácido desoxirribonucleico – DNA e o ácido ribonucleico - RNA). A música é considerada uma estratégia mnemônica (ANEXO D). Usaram a sala de aula e seus *smartphones* para ter o fundo musical (FIGURA 3.4.3). Diversificar a forma de ensinar colabora para o processo de ensino e aprendizagem de temas biológicos, pois os estudantes reclamam que Biologia é uma disciplina com muitos nomes e conteúdos complexos para aprender. Portanto, diversificar a forma de ensinar alguns conteúdos pode torná-los atrativos para os adolescentes, como o uso de músicas.

²⁵ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ljmS_t3G1mY>. Acesso em: 23 de abr. de 2015. Autor desconhecido.



Figura 3.4.3. Estudantes interpretando a Música “ácidos nucleicos”

d. EXTRAÇÃO DO DNA DA CEBOLA

No dia 29 de maio de 2015 ocorreu a prática de extração do DNA da cebola. A prática foi planejada pela professora-pesquisadora e desempenhada pelos estudantes participantes, com a ajuda de três estudantes do segundo e terceiro período da faculdade de Ciências Biológicas do Consórcio CEDERJ e de uma Universidade privada, a Unigranrio. Para estes estudantes a atividade valeu como horas de atividades complementares, e agiram como tutores na prática.

Antes de executar a prática, os estudantes tiveram uma aula teórica sobre o ácido desoxirribonucleico e no dia da experiência, antes de irem para o pátio, pois o colégio não possui laboratório, todos acompanharam os passos da experiência, lido e explicado pela professora-pesquisadora em um ambiente fechado sem interferências externas. Esta etapa foi necessária, pois muitos imaginavam que iriam ver a molécula de DNA como vista no origami, em imagens e no livro didático, quando na verdade ao final é um sobrenadante que só é visto com um contraste de cor preta. Foram divididos em grupos, em se tratando dos que foram analisados pelo projeto, foram 08 grupos (FIGURA 3.4.4). Cada grupo recebeu um protocolo de ação (ANEXO E).

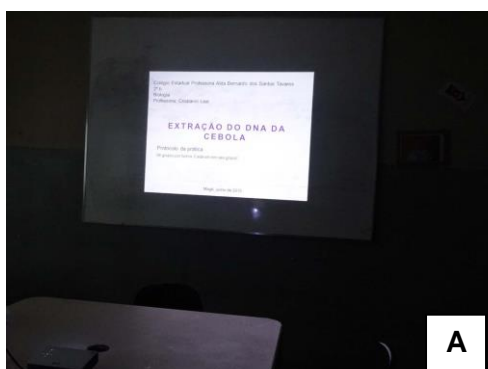


Figura 3.4.4. Extração do DNA da cebola realizada pelos estudantes do primeiro ano do EM. **A:** Apresentação do protocolo em slides. **B:** Experimentação

O objetivo era que os estudantes vivessem a prática e aprendessem a seguir os protocolos. Dos 08 grupos, no final, 05 conseguiram chegar ao resultado esperado. Os demais grupos depois refletiram e discutiram porque não alcançaram a etapa final. Esta prática objetivou chamar a atenção para que os estudantes compreendessem que todos os organismos vivos apresentam o DNA como material genético, além de perceber que todos os seres vivos possuem células.

Alguns grupos formaram muita espuma e repetiram a experiência. O protocolo foi uma adaptação do que está disponível no sítio eletrônico “Manual do Mundo”²⁶. Foi uma prática muito motivadora para os estudantes. O ideal era que cada estudante fizesse sua prática, porém, por questões logísticas, tornou-se impossível, sendo viável para aquele momento, a divisão em grupos. Para Fala; Correia e Pereira (2010) “as atividades práticas despertam a motivação e estímulo dos estudantes” (2010, p. 138), os estudantes do Colégio Alda ficaram motivados.

Por ter sido no pátio, houve uma modificação na rotina habitual do colégio. Outras turmas (neste horário foram 14 turmas do primeiro ano e 01 turma do segundo ano do ensino médio) vieram ver e acompanhar a prática, inclusive, professores vieram observar. Percebeu-se pelas perguntas realizadas pelo grupo de estudantes que observavam que os mesmos se mostraram interessados na prática e também queriam participar. Entende-se que há certo receio em fazer aulas práticas pela falta de um espaço adequado, e às vezes falta experiência em conduzir uma aula prática, mas nesta, não houve nenhum incidente, o que justifica a curiosidade dos demais professores (FIGURA 3.4.5).

Os estudantes que fizeram a experiência na semana anterior (29/05/2015) também intervieram, agindo como monitores dos que estavam fazendo pela primeira vez na semana seguinte (03/06/2015), mesmo tendo os tutores convidados. Assim, se mostraram coparticipantes da prática e desempenharam um papel de protagonistas na ação. A prática não foi interpretada como um trabalho pessoal fora da aula, ao contrário, era a aula e foi problematizada com os participantes.

Todos os materiais foram adaptados e usou-se a cozinha do colégio para algumas etapas necessárias à atividade.

²⁶ Disponível em: <<http://www.manualdomundo.com.br/2011/09/como-ver-o-dna-da-cebola/>>. Acesso em: 28 de mar. de 2015.



Figura 3.4.5. Etapas da extração do DNA da cebola realizada pelos estudantes do primeiro ano do EM

e. QUADRILHA DA MITOSE

Uma aula teórica sobre divisão celular foi realizada, onde alguns exercícios previamente selecionados foram apresentados. Para a semana seguinte (12 de junho de 2015), foi solicitado aos estudantes que apresentassem uma coreografia semelhante às realizadas em Festas Juninas, a qual foi denominada “quadrilha da mitose”. Para a atividade, os estudantes foram orientados a realizar ensaios prévios.

A divisão celular é um conteúdo vital para a continuação da vida, sendo dividida em dois momentos: a mitose (M) e a meiose (R!). A meiose ocorre em organismos com reprodução sexuada e é o fenômeno responsável por formar os gametas (espermatozoides e óvulos) nos animais e esporos e grãos de pólen nos fungos e nas plantas, além da variabilidade genética. É um conceito fundamental na genética (KALAS et al., 2013). Já a mitose é responsável pela manutenção dos sistemas, pois repõe as células, quando uma célula-mãe se divide em duas células-filhas geneticamente iguais.

O ciclo celular é constituído pelas fases $G1 \rightarrow S \rightarrow G2 \rightarrow M$. A dinâmica se concentrou na fase M com suas quatro fases (prófase, metáfase, anáfase e telófase), por meio da movimentação dos cromossomos. Tal ação objetivou formar com o movimento corporal dos estudantes as quatro fases da mitose (M) e simular os movimentos dos cromossomos em cada fase da mitose. Ocorreu no pátio e na quadra do Colégio Alda, e já foi uma introdução para o tópico meiose (FIGURA 3.4.6).



Figura 3.4.6. Estudantes participando da atividade “Quadrilha da mitose”

f. SEMINÁRIOS DE ARTIGOS DA REVISTA GENÉTICA NA ESCOLA

Os estudantes foram solicitados à leitura e discussão para apresentação de seminários utilizando como texto base artigos da Revista Genética na Escola (RGE) selecionadas previamente pela professora. No dia 19 de junho de 2015, oito grupos apresentaram os seminários; foram duas turmas com quatro grupos cada.

O primeiro artigo selecionado (BARBOSA; COSTA, 2011), apresentava uma sequência de ensino com a temática ácidos nucleicos, finalizando com uma atividade de encaixe sobre o tema. O artigo mostra a constituição do DNA por ácidos nucleicos, logo as principais características destes foram exploradas, como as bases nitrogenadas, os nucleotídeos, as pontes de hidrogênio, o pareamento das bases, a complementação das fitas e as enzimas, oportunizando o ensino da duplicação, transcrição e tradução.

O segundo artigo (DENTILLO, 2009), discutia a mitose e a elaboração da divisão celular utilizando como estratégia a massa de modelar. O terceiro artigo (MORI; PEREIRA; VILELA, 2011), apresentava a meiose e as leis de Mendel, intencionando explicar como a meiose se relaciona com a genética mendeliana. Sugeriu também explorar a massa de modelar para a visualização dos cromossomos. O quarto artigo (TEMP; CARPILOVSKY; GUERRA, 2011) abordou os cromossomos e genes, chamando atenção para a confusão que pode acontecer na diferenciação de tais termos. Como material educativo, havia ao final um material didático para os estudantes utilizarem e possibilitar a compreensão. Um quinto artigo (FERREIRA et al., 2010) foi selecionado para estudantes que faltaram no dia da apresentação, e a data ficou agendada para o dia 26 de junho. O artigo trouxe como proposta o ensino dos cruzamentos mendelianos. Todas as apresentações foram intermediadas por discussões, para sanar possíveis dúvidas (FIGURA 3.4.7).



Figura 3.4.7. Apresentação de Seminários baseados em artigos da RGE

g. FILME GATTACA – EXPERIÊNCIA GENÉTICA

Esta atividade ocorreu em dois dias, no mês de agosto, dividindo a exibição em duas etapas e realizando discussões com os estudantes. Com isso, os estudantes puderam perceber o sentido do enredo do filme. O Filme Gattaca²⁷ embora tenha sido lançado na década de 1990 ainda é atual para as questões de discussão sobre genética. Contudo, neste contexto, a narrativa do filme, para os jovens participantes desta pesquisa, foi um pouco cansativa. O objetivo foi realizar uma discussão sobre os problemas que o filme apresenta, como exemplo, na sequência da cena em que cai um “cílio” do personagem e ele fica com receio de ser descoberto, demonstrando que todas as células do corpo têm o mesmo DNA (FIGURA 3.4.8).



Figura 3.4.8. Estudantes assistindo ao filme Gattaca

h. PRODUÇÃO DE VÍDEOS NO MOVIE MAKER

Ainda em julho de 2015, antes das férias escolares, foi apresentada para as seis turmas da professora-pesquisadora uma atividade na qual os estudantes deveriam produzir um vídeo sobre os temas propostos, já que o ensino de Biologia aborda diversas questões, ciclos, definições e novidades para os estudantes do primeiro ano do EM, além da própria linguagem. Desta forma, foi pensada uma atividade para tirar o papel passivo diante do objeto de aprendizagem, ou seja, os conteúdos abordados. Os grupos foram divididos em julho e os temas igualmente distribuídos (APÊNDICE F). Esta produção deveria ser entregue na primeira semana de setembro de 2015 e seriam os mesmos temas da Feira de Material Didático (FMD) ocorrida no dia 04 de dezembro de 2015 nas dependências do Alda.

A intenção em produzir vídeos foi sumarizar os conteúdos abordados durante o primeiro e segundo bimestre por meio da elaboração de um vídeo usando o recurso *movie maker* ou outro recurso similar. Cada grupo deveria produzir um vídeo de 3 a 5 minutos,

²⁷ “GATTACA - Experiência Genética”. Data de lançamento: 24 de outubro de 1997 (EUA). Direção: Andrew Niccol. Duração: 1h48m. Disponível [α://www.youtube.com/watch?v=EFxynqyb4s](http://www.youtube.com/watch?v=EFxynqyb4s)>. Acesso em: 15 de out. de 2014.

com trilha sonora e legenda. Pela inexistência de laboratório de informática no colégio, esta atividade precisou ser feita na casa de um dos componentes do grupo, e por isso, foi passada com muita antecedência.

A professora-pesquisadora criou um canal no *YouTube*, no qual disponibilizou os vídeos²⁸ que foi divulgado por meio de uma rede social que os estudantes tinham acesso. Os erros conceituais foram corrigidos para que não se repetissem na FMD em dezembro, porém permaneceram nos vídeos (FIGURA 3.4.9).



Figura 3.4.9. Vídeos elaborados pelos estudantes com o uso do *Movie maker* e publicados *no canal do YouTube*

Antes de ocorrer a feira de material didático (relatada logo abaixo), os mesmos grupos e temas se apresentaram no formato de seminário na sala de aula para que a professora-pesquisadora pudesse fazer colocações, correções e mediar discussões e para tal, usou-se o recurso do *Datashow* e computador. Os próprios estudantes prepararam as apresentações. Esta etapa ocorreu em novembro de 2015.

i. FEIRA DE MATERIAL DIDÁTICO (FMD)

O ensino de Biologia apresenta vários conteúdos para os estudantes, como: célula, ácido desoxirribonucleico e citoplasma. Desejou-se que os estudantes compreendam os conteúdos abordados durante as aulas de forma intradisciplinar e que façam o uso social de tais conhecimentos, inclusive com sua família e pares.

Contudo, as justificativas do por que ensinar Biologia não significa que os jovens estudantes a compreendam e gostem das questões da Biologia. Pensando pelo ponto de vista dos estudantes, foi planejado e executado uma Feira de Material Didático (FMD) para que os estudantes se apropriassem dos conteúdos e explicassem para outros professores que assumiram a função de professores-avaliadores. Foi, portanto, requisitado aos

²⁸ Canal no *YouTube*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/channel/UCIPiXdzDFNgYEPOh3DH9ZGw>>. Acesso em: 24 de jan. de 2016.

estudantes um papel ativo no processo de ensino e aprendizagem, assim como o intencionado na autopoiese.

Na FMD os estudantes foram os responsáveis pela preparação do material didático e pelo estudo de seu tema para explicar aos professores-avaliadores. Trabalharam como turma para a ornamentação da sala de aula. A FMD não foi planejada para substituir as aulas de Biologia, mas para suplementar e convocar ao protagonismo os jovens.

Já que a Biologia na educação básica carece de laboratório e recursos para ter aulas experimentais, o que inviabiliza em muitos momentos uma aula mais dinâmica, o uso de modelo didático, além de preservar a biossegurança, é um instrumento para professores e estudantes usarem para explicar e compreender temas científicos e de baixo custo.

Diante disso, a FMD objetivou construir e explicar conceitos da Biologia para os professores-avaliadores que não necessariamente eram seus professores, usando um material didático construído pelos próprios estudantes, logo estes assumiram um papel protagonista no processo de ensino e aprendizagem.

Desde julho os grupos foram separados e organizados por temas e avisados da FMD. Foram 27 temas de Biologia para 06 turmas do primeiro ano do ensino médio, do turno da tarde. As turmas envolvidas foram: 1004, 1005, 1006, 1007, 1008 e 1009; totalizando 161 estudantes do primeiro ano do EM. A FMD ocorreu nas próprias salas de aulas, pois as demais turmas do colégio (nove) não estavam participando da atividade, por terem outros professores de Biologia (APÊNDICE G).

Os professores avaliadores e colaboradores que participaram da FMD foram: dois de Química, dois de Língua Portuguesa, um de Espanhol, um de Matemática e um de Física, totalizando sete professores que avaliaram os grupos. Na ocasião, estes professores responderam prontamente um questionário elaborado para este momento (APÊNDICE H). Assim, os estudantes deveriam explicar o conteúdo de Biologia usando o material didático elaborado pelo grupo aos professores-avaliadores²⁹.

Para a realização da FMD foram necessários alguns momentos, o primeiro foi a separação dos grupos e sorteio dos temas, etapa realizada no mês de julho de 2015, os próprios estudantes escolheram seus pares. Feito isso, os temas foram distribuídos, de acordo com o Apêndice F.

O segundo momento, com os grupos já formados, demandou que cada grupo fizesse um vídeo usando o recurso *movie maker* em setembro, e a apresentação do seminário foi realizado em novembro como descrito no item h. O terceiro momento ocorreu quando a professora-pesquisadora convidou os professores de sexta-feira à tarde para avaliarem os

²⁹ Esta estratégia gerou uma reportagem no portal da SEEDUC-RJ na área conexão escola em 11 de dez. de 2015. Disponível em: <<http://www.conexaoescola.rj.gov.br/estudante/noticias/2015/12/projeto-de-biologia-do-c-e-professora-alda-bernardo-dos-santos-tavares-incentiva-protagonismo-juvenil>>. Acesso em: 24 de jan. de 2016.

grupos. Os professores-avaliadores receberam as fichas de avaliação (APÊNDICE G) para cara grupo bem como os grupos que iriam avaliar.

O último momento foi a realização da FMD no dia 04 de dezembro de 2015 nas salas de aulas do colégio Alda. Os sete professores avaliadores receberam previamente quais turmas e grupos iriam avaliar por meio de um formulário, além das fichas de avaliação. A professora-pesquisadora não participou das avaliações e nem contribuiu nas discussões entre os grupos e os professores-avaliadores, porém esteve presente acompanhando o momento e interveio unicamente para incentivar os estudantes a continuar explanando.

Os estudantes deveriam ornamentar as salas, ornamentar seu grupo, elaborar um material didático, também chamado de modelo didático, e explicar seus temas aos professores-avaliadores usando o material didático (FIGURA 3.4.10). Os materiais didáticos foram interpretados neste estudo como instrumentos que podem facilitar o entendimento de conteúdos no ensino de Biologia e genética e, portanto, constituindo-se também em estratégias didáticas.



Figura 3.4.10. Sequência de imagens mostrando as atividades realizadas na Feira de Material Didático

3.5 O reencontro com vinte estudantes em 2017

No mês de agosto de 2017, os estudantes do EM que participaram da atividade em 2015 foram convidados a participar desta etapa da pesquisa. O objetivo foi coletar indícios sobre o que os estudantes lembravam a respeito dos conteúdos de 2015. Dos 38 estudantes que participaram inicialmente, 20 responderam a um questionário a respeito do que vivenciaram em 2015, na disciplina Biologia. Neste encontro participaram dezesseis meninas e quatro meninos com idades variando entre dezesseis a vinte anos.

Os demais estudantes que não participaram desta etapa da pesquisa, ou não compareceram ao chamado sem justificar, ou estavam matriculados no turno noturno, ou foram retidos em outras séries, ou trocaram de colégio; o que impossibilitou a participação de todos os pesquisados de 2015. A coleta de dados ocorreu em duas datas a fim de facilitar o acesso dos estudantes dentro dos horários em que as aulas para o terceiro ano ocorriam. A professora-pesquisadora foi quem aplicou o questionário. Inicialmente, os estudantes receberam no cabeçalho do questionário a fim de que recordassem das nove estratégias didáticas das quais participaram em 2015 (APÊNDICE I).

No primeiro momento, os estudantes se manifestaram inseguros pelo desafio de responderem perguntas sobre a temática de 2015, informando não se lembrarem. Embora esta participação tenha ocorrido no horário da aula dos estudantes do terceiro ano, foi negociada a ausência deles sem prejuízo de suas atividades. A professora-pesquisadora não lecionou para nenhum dos participantes em turmas de 2017. Em 2017 eles não formaram as turmas 3008 e 3009, ao contrário, foram separados em outras turmas todas no período da manhã. Todos os estudantes participantes pertenciam às turmas da professora-pesquisadora (1008 e 1009), no ano letivo de 2015 (FIGURA 3.5).



Figura 3.5. Encontro de 2017 com estudantes do terceiro ano do EM para coleta de dados

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

*É importante ver, com os dois olhos, os dois lados
para mudar uma única realidade, a que temos.*

Herbert José de Sousa (Betinho)

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo em conjunto com sua análise e discussão com o marco e referencial teórico, de forma que cada resultado já venha acompanhado de sua análise. Em todas as etapas de coleta de dados onde foram solicitados a responder questionários os participantes foram orientados a não consultarem *smartphones*, colegas, livros, entre outras fontes de informação. A criação das categorias obedeceu as etapas propostas por Bardin (2011) e Franco (2012), como relatado no capítulo 3 na seção 3.3. A categoria denominada “Outros” representa um conjunto de respostas categorizadas como evasivas, inapropriadas e com ausência de respostas. As subcategorias, quando surgiram, estão registradas nos quadros em formato itálico.

Nas respostas onde categorias emergiram, os dados foram ordenados na seguinte sequência: apresentação da pergunta, categorias com os números absolutos e porcentagens, quadro (com pergunta, categorias, número absoluto e exemplo de sentenças); após o quadro, cada categoria é apresentada em negrito. Os indivíduos não são reapresentados nas discussões, ou seja, o número dos participantes de cada categoria é apresentado em conjunto nas porcentagens e nos quadros.

4.1 Conversa sobre o Currículo Mínimo da SEEDUC-RJ

No Currículo Mínimo (CM) da SEEDUC-RJ o tema citologia tem como meta apresentar a célula como unidade morfofisiológica e a divisão celular no primeiro ano do ensino médio. O tema transmissão hereditária também aparece nesta etapa do currículo. Entretanto outros conteúdos se acumulam, como o estudo da fotossíntese, respiração celular e origem da vida, tornando o ensino superficial uma vez que o encontro semanal para a disciplina Biologia geralmente ocorre em um encontro semanal de 100 minutos. Pela experiência docente nota-se que, considerando a singularidade estudantil e o extenso conteúdo, não é possível a abordagem de forma desejada. No segundo ano do EM aparece novamente a temática citologia; já o conteúdo “manipulação gênica” está contido no terceiro ano do EM, com o tema biotecnologia.

Por meio dos resultados das análises dos questionários dos estudantes foi possível afirmar a efemeridade nas questões que foram abordadas nos questionários, as atividades não têm sido significativas para o processo de ensino e aprendizagem (MATURANA; VARELA, 2011; MATURANA, 2014) e o Currículo Mínimo tem prejudicado o ensino, pois o único recurso dado aos estudantes – o livro didático – não segue o estipulado pelo CM da SEEDUC-RJ. Como afirmam Justina e Ferla (2006) a aprendizagem verificada por meio das avaliações somativas e classificatórias se torna superficial, os educandos estudam para passar, avançar nas séries escolares, sem se preocuparem se aprenderam, ou não.

O currículo que deveria estar nas mãos dos professores para ser praticado, passa a ser gerido pela instituição estatal, que pouco se importa com as demandas locais, pois não há tempo para cumprir o currículo estipulado e responder a estas demandas (LEAL, 2013b; SACRISTÁN, 2013). O CM está pronto para ser usado pelos professores da SEEDUC-RJ e sem espaço para críticas, como discutido por Arroyo (2011):

Um currículo onde apenas o necessário está previsto, sistematizado, inquestionável, a ser ensinado e aprendido como um ritual-percurso-passageiro sagrados para uma economia-nação fortes será um currículo e uma docência sem liberdade, sem possibilidade de ousadias criativas (ARROYO, 2011, p. 51).

Pedrancini; Corazza e Galuch (2011) questionam o papel passivo dos estudantes diante dos conteúdos; assim como discutem o papel do ensino: promover a aprendizagem. Quando esta não é alcançada, não há o desenvolvimento das capacidades psíquicas dos estudantes, como o raciocínio. A escola não tem a pretensão de sozinha promover estas capacidades, porém ajuda em seu desenvolvimento e na emancipação dos estudante/cidadãos (SANTOS, 2005).

O CM como anteriormente apresentado neste estudo legisla o que cada docente deve abordar, em cada bimestre e série escolar. Os conteúdos estruturantes encontram-se em desacordo com os livros didáticos, o que deixa um “hiato pedagógico” na educação científica dos estudantes da SEEDUC-RJ, já que biologia celular encontra-se no primeiro ano do ensino médio e genética e evolução, no terceiro ano (LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2015) por considerar que o livro é um recurso, e estratégia didática, para atividades extraclasse, por exemplo. Os livros seguem o estipulado pelo Ministério da Educação, via a matriz de referência, como o disponível para o Exame Nacional do Ensino Médio³⁰ e nos PCN.

Por mais criticado que seja o livro didático é o único recurso dado a todos os estudantes das escolas públicas, quando se considera o ensino formal; o CM foi instituído em 2012 e até dezembro 2017, não passou por atualizações, onde esta crítica certamente surgiria.

³⁰ Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/educacao-basica/encceja/matrizes-de-referencia>>. Em 07 de mar. de 2018.

Na figura 4.1 é apresentada a forte influência do CM nas escolas da rede SEEDUC-RJ; onde os docentes, os estudantes e as avaliações ficam em torno do que é instituído pelo CM.

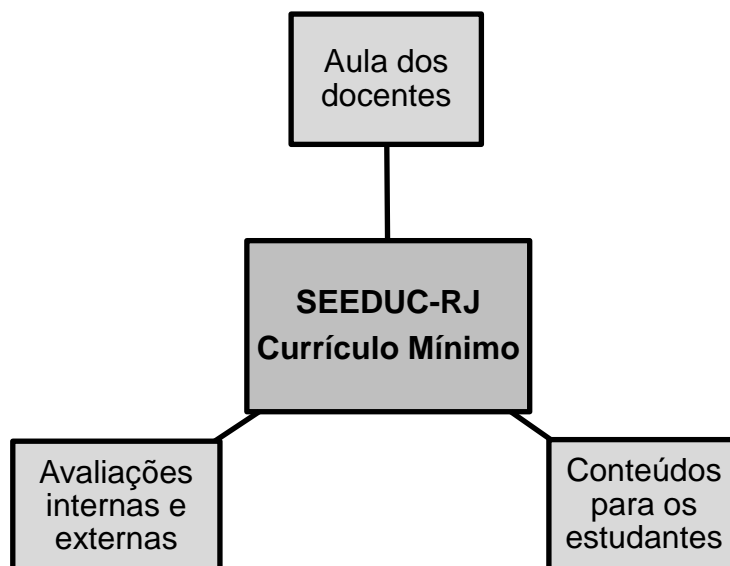


Figura 4.1. Representação da tríade controlada pelo Currículo Mínimo

Contrariar o que é instituído é levantar-se contra as políticas públicas estaduais do Rio de Janeiro. Como houve portarias e atos normativos³¹ deliberando e institucionalizando o CM como norma, há sanções para quem não o cumpre. A Portaria 419/2013 que estabelece recuperação por instrumento e cumprimento do CM, quem não as cumpre são advertidos. Em 2017 foi promulgada a Resolução SEEDUC nº 5531.2017 – que dispõe sobre rotinas de organização de quadro de horários e alocação de professores dentro das unidades escolares da SEEDUC-RJ, é um exemplo que tem como critério de desempate o cumprimento do CM e o lançamento de notas no diário *online*. Há outros exemplos na Portaria que engessam a autonomia docente e quem não cumpre acaba sendo visto como um transgressor dentro da própria unidade escolar. Botia e Bolívar-Ruano (2012) defendem a ideia da autonomia docente e que este exerce grande influência nos estudantes e no *modus operandi* da escola, porém quando engessados pelo CM, tal autonomia é substituída pelo currículo institucionalizado.

Embora haja o nome de CM, há de se pensar na carga horária da disciplina Biologia. São apenas 100 minutos semanais; tornando-se um desafio ir além do CM com tantas demandas que a sociedade impõe à escola, tais como: abordar temáticas midiáticas, trabalhar com as tecnologias, cumprir projetos, elaborar simulados, agir como agente

³¹ Sítio eletrônico com diversas portarias, resoluções e atos normativos da SEEDUC-RJ. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/seeduc/exibeconteudo?article-id=3470864>>. Acesso em: 02 de set. de 2017.

preventivo de gravidez não planejada, assim como abordar o assunto infecções sexualmente transmissíveis, trabalhar de forma interdisciplinar, estimular a leitura nos jovens, ensinar além da aula tradicional, entre tantos outros comprometimentos da escola. Desta forma tenta-se “curricularizar” temas com importância sociais mas sem a disponibilidade de formação docente para tal (PEREIRA; FERRARO, 2011).

Com a apresentação deste cenário, esta tese assume a contrariedade ao preconizado no CM, ao assumir como ideal que a genética e seus conteúdos estruturantes sejam lecionados em uma única série escolar, provavelmente no segundo ano do ensino médio, pois o estudante já pode ter tido um amadurecimento para compreender aspectos abstratos e a própria nomenclatura da Biologia (FANG, 2005), ou transversalizado nos três anos do EM. Além de encontrar nas estratégias didáticas um caminho para um ensino contextualizado e que o ajude no desenvolvimento dos educandos/cidadãos (CHASSOT, 2016). As avaliações somativas e classificatórias não deveriam tomar tanto espaço na busca do desenvolvimento de indivíduos autônomos e proativos.

O conhecimento disciplinar precisa ser reorganizado e transformado (ressignificado), considerando os estudantes, o contexto e o currículo disciplinar (BOTIA; BOLÍVAR, 2012). É uma tríade mais colaborativa para a cultura local.

De acordo com Marandino; Selles e Ferreira (2009) o currículo é vivo e assim como as disciplinas escolares são constantemente recriadas pelos diferentes professores em seus espaços de atuação, por isso deveria haver liberdade pedagógica entre os diferentes atores da comunidade escolar, como professores e estudantes.

O que estava ruim, piorou com a crise financeira deflagrada em 2016 quando foi decretado o estado de calamidade pública devido à crise financeira e que foi continuada em 2017, sem investimentos nas escolas, na formação continuada dos docentes, o único recurso viável e concreto é o livro didático. Somam-se a isso, o alarmante aumento da violência que causa impacto direto na escola, salas com superlotação de estudantes (devido a crise financeira, as escolas públicas tiveram uma grande procura), diminuição da merenda, falta de funcionários, entre outros problemas que se acumulam nas escolas da SEEDUC-RJ e no estado do Rio de Janeiro. A educação pública estadual do Rio de Janeiro infelizmente, encontra-se agonizando e sem perspectivas de melhoria futura.

Portanto, ao analisar o CM de Biologia, tem-se como desfecho que este não permite e nem ampara o desenvolvimento dos estudantes da SEEDUC-RJ, seja pela falta de formação dos docentes, seja pela forma que foi instituído (LEAL, 2013b). Espera-se que tal documento seja reformulado e que a comunidade escolar seja chamada à mesa de negociações, uma comunidade escolar com um perfil diversificado e não apenas os educadores das universidades, como outrora o CM de 2012 foi desenvolvido com a chancela de professores universitários.

Os docentes ficam confusos no dia a dia, pois há pouco tempo para lecionar tantos conteúdos previstos. No “chão da escola” todas estas recomendações advindas do CM são ressignificadas, replanejadas e até ignoradas, mas há um preço a ser pago legitimado por meio das portarias e resoluções. Portanto, os objetivos desta pesquisa, principalmente relacionados aos conteúdos estruturantes, se mostram engessados diante do CM institucionalizado. A proposta desta tese com o uso das estratégias didáticas, minimizam este problema

Portanto, esta pesquisa contribui para o campo com a sugestão de se contemplar o ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes ocorrerem em uma única série escolar, no caso, o segundo ano porque teoricamente já tiveram contato com a Biologia no primeiro ano; ou que ocorra de forma transversalizado, dando aos estudantes a oportunidade de reconhecer que os temas da Biologia são todos interligados.

4.2 Concepções prévias dos estudantes do primeiro ano do EM

Primeiramente trata-se do questionário utilizado para coleta de dados de 38 participantes (E01 – E38) em 2015 para conhecer suas concepções prévias sobre genética e seus conteúdos estruturantes à época da coleta de dados. As turmas 1008 e 1009, em 22 de maio de 2015, responderam ao questionário (APÊNDICE D). Os estudantes responderam antes de terem tido aula sobre os temas abordados. Este momento foi importante, pois permitiu avaliar a compreensão dos estudantes e assim, identificou os possíveis equívocos, abordando-os por meio de problematizações posteriormente (KALAS et al., 2013) e foram realizadas por intermédio das estratégias didáticas o que pode potencializar o processo de ensino e aprendizagem em virtude da possível emoção envolvida e estímulo à autonomia (MATURANA; VARELA, 2011; MORA, 2017).

Entender a genética e ser “alfabetizado em genética” qualifica o estudante/cidadão a compreender o que está sendo noticiado, ler um texto e interpretá-lo, longe do senso comum; e tendo mais criticidade ao ver/ler e compartilhar uma informação (CHASSOT, 2016). O ensino de genética facilita o entendimento de questões sociais e tecnológicas relacionadas ao tema e a seus conteúdos estruturantes, mesmo assim, ainda reflete seu modelo fragmentado e descontextualizado (TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2014). As respostas ao questionário foram coletadas e analisadas com os seguintes resultados:

* Ao se perguntar: “*Todo ser vivo possui o ácido desoxirribonucleico (DNA)?*”, a maioria respondeu que sim, que todo ser vivo possui DNA (92%, 35/38); enquanto três estudantes afirmaram que nem todos apresentam (8%, 03/38). Esta se tratou de uma pergunta objetiva. A resposta esperada era que sim, todos os seres vivos, organismos

celulares, tem o DNA como material genético como apontam os estudos de Mayr, 1998; Snustad; Simmons, 2013; Leal et al., 2015.

* A segunda pergunta foi dissertativa e complementava a questão 01, com a questão: “Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?”. Em suas respostas apontavam várias regiões do corpo humano; como o sangue. As respostas podem ser classificadas em quatro categorias, sendo elas: ‘Sangue’ (45%, 21/38); ‘Não sei’ (24%, 09/38); ‘Núcleo da célula’ (8%, 03/38) e ‘Outros’ (13%, 05/38); são apresentadas no quadro 4.2.1. A resposta esperada era “na célula”, já que há DNA tanto em células procarióticas quanto eucarióticas (SNUSTAD; SIMMONS, 2013). Estes estudantes desconheciam que todas as células possuem informações genéticas e não inter-relacionaram com outros temas, como a meiose e reprodução (BONZANINI; BASTOS, 2005; LEAL et. al., 2015), embora nestes trabalhos citados tenham sido investigados estudantes que cursavam a última etapa da educação básica, sugerindo que os anos escolares anteriores podem não ser suficientes para alterar suas concepções.

Quadro 4.2.1. Categorias elencadas sobre a localização do DNA

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?	Sangue	21	“No sangue” – E02
			“Através das células que são transmitidas no sangue” – E13
			“Nos vasos sanguíneos” – E16
	Não sei	09	“Não sei” – E03
			“Não sei” – E32
	Núcleo da célula	03	“No núcleo da célula” – E21
			“Geralmente no núcleo das células” – E33
	Outros Diversos	05	“Em todo lugar” – E24
			“Dedo” – E38

As quatro categorias citadas abaixo emergiram da segunda questão: “Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?”:

Sangue – Um grande número de estudantes citou o “sangue” como sendo o “local” onde o DNA é encontrado. Apesar de na mídia haver relatos de coleta de amostras de DNA via, saliva, sêmen e “fio de cabelo”, a maioria dos alunos associa a retirada de sangue à análise clínica, com resultados de laboratório. Além de não associarem com as células presentes no tecido sanguíneo, também não é mencionado que, nem todos os seres vivos são formados por este tecido conjuntivo; como exemplo as plantas. Tal situação foi problematizada, posteriormente, nas estratégias didáticas de extração do DNA da cebola e na exibição do filme Gattaca na sequência de cenas em que um “cílio” caído se torna um problema para o protagonista do filme. Villas Boas e Barbosa (2016) discutem o fato de que

é importante aos estudantes membros de uma comunidade social compreenderem o conhecimento do DNA como molécula que todos os seres vivos possuem. Os estudantes nesta pesquisa, afirmaram que sabiam que todo ser vivo possui DNA, porém não souberam relacionar em que localidade poderia ser encontrado. A categoria 'Sangue', por exemplo, foi uma resposta muito comum neste grupo investigado do Colégio Alda a qual também foi encontrada no trabalho de Barbosa et al. (2015).

Não sei – pode demonstrar o chamado 'placebo pedagógico' citado por Bizzo (2009) quando a compreensão não é suficiente para conduzir a aprendizagem. Maturana esclarece que “a palavra aprendizagem vem de apreender, que quer dizer, pegar, ou captar algo. No entanto [...] a aprendizagem é o transformar-se em um meio particular de interações recorrentes” (2014, p. 109), o que não foi o vivenciado nesta questão, neste momento e nas demais categorias que também demonstraram conhecimentos superficiais perto do esperado como resposta: “na célula”. Mesmo partindo do princípio que os seres vivos têm o DNA, como a pergunta já sinaliza.

Núcleo da célula – desde que os cinco reinos dos seres vivos foram aceitos por meio da classificação de Robert Whittaker em 1969, as células eucarióticas e procarióticas são entidades da Biologia e consideradas seres vivos, graças aos seres unicelulares. Com isso, quando o participante responde “no núcleo da célula”, não se reporta aos organismos classificados como células procarióticas (Reino Monera), que são as bactérias e as arqueas. Tal resposta pode ser uma interpretação antropocêntrica³² da Biologia, quando assume o ser humano (*Homo sapiens*) como principal referencial de ser vivo; foge do estipulado pelos pensadores desta ciência, como Ernest Mayr. Há a influência da visão antropocêntrica no ensino de Biologia, embora esta última não tenha este discurso, e sim, os estudantes que a interpretam assim.

Outros – categoria onde foram alocadas sentenças curtas e que pouco revelam sobre as reais intenções. Percebeu uma tentativa em responder para “não deixar em branco” ou evitar a resposta “não sei”. Alguns responderam itens como 'dedo' e 'estômago' como sendo a localização do DNA. A estrutura, forma (circular nas bactérias) e função do DNA é um denominador comum entre todos os seres vivos. Hoje é um consenso entre os cientistas que os organismos vivos compartilham o DNA como material genético, sendo este a única ligação entre as gerações antecessoras e futuras (por meio dos gametas, esporos e grãos de pólen), além de tornar-se também uma importante prova sobre a teoria da evolução das espécies (MORI; PEREIRA; VILELA, 2011).

As quatro categorias que emergiram da segunda pergunta demonstraram o quão frágil está o ensino do tema para se chegar até a genética de transmissão. Na ausência

³² Os participantes do primeiro ano do EM na época da pesquisa deram uma interpretação antropocêntrica à Biologia, ou seja, para eles a Biologia tinha como objeto de estudo, a espécie humana. Resultado diferente em 2017 por já terem vivido outras experiências com a Biologia.

deste conhecimento há prejuízos para o avanço do entendimento de temáticas relacionadas à Biologia (JUSTINA; FERLA, 2006). Na primeira pergunta (objetiva) deste questionário a maioria respondeu que o DNA fica na 'célula', porém na segunda pergunta, por ser discursiva há a percepção que os estudantes ainda não reconheciam o material genético presente em todas as células. Este conhecimento permite outros, pois é a semelhança nas análises de DNA dos mais diversos seres vivos que permite a legitimidade da evolução das espécies por meio da filogenia; esta que visa determinar as relações ancestrais entre espécies conhecidas (MAYR, 2005).

* A terceira pergunta discursiva foi: "*Para você, o que é célula?*". A resposta esperada era uma relacionada a menor unidade de um ser vivo, que, apesar de reducionista, reflete o conceito expresso nos livros didáticos e também, em outros trabalhos (MAYR, 1998; SNUSTAD; SIMMONS, 2013; LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2016). Entretanto, a maior ocorrência foi de 'Não sei' (55%, 21/38); seguida por 'Partes do corpo', como partículas, moléculas (31,5%, 12/38); 'Pequenos organismos' (10,5%, 04/38). Um estudante não respondeu a essa questão. Os estudantes apresentaram dificuldade em compreender os modelos de células, assim como a estrutura do DNA, como apresentado no trabalho de Eilam e Reiter (2014). Visando contornar tal dificuldade relacionada à definição do que é uma célula, foram realizadas atividades posteriores culminando com a confecção dos painéis de células para posterior debate em sala; não há garantias de que suas concepções tenham sido alteradas por meio das estratégias. As respostas destes estudantes revelam que o que para professores de Biologia (que já acessaram tal definição reducionista anteriormente) é algo corriqueiro, o que não ocorre para os estudantes, o que pode ter acontecido pela falta de relação do tema com o conteúdo expresso em sala de aula. Atualmente, os estudantes estão envolvidos em muitas informações que nem sempre têm gerado conhecimento e aprendizagem (MORA, 2017). Esta questão gerou um trabalho apresentado no VII EREBIO na Universidade Federal Fluminense em 2015 ("A célula por estudantes do primeiro ano do ensino médio"); os resultados seguem no quadro 4.2.2:

Quadro 4.2.2. Respostas dos estudantes informando o que é célulaObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
"Para você, o que é célula?"	Não sei	21	"Não sei" – E02
			"Não sei definir" – E33
	Partes do corpo	12	"Para mim o ser humano é formado por células" – E16
			"Célula é o que fica no corpo" – E19
			"Partes importantes do corpo, que formam os órgãos, entre outros" – E21
			"Para mim célula é o que forma todos os seres vivos" – E36
	Pequenos organismos	04	"Pequenos organismos" – E20
			"Célula são pequenos organismos que os seres vivos possuem" – E30
			"É um microrganismos que todos os seres possuem" – E29

As três categorias citadas abaixo emergiram da terceira questão: "Para você, o que é célula?":

Não sei– revela o total desconhecimento do que é célula, chama a atenção, pois célula é uma palavra que faz parte do vocabulário em mídias, como jornais por meio das células-tronco, entre outras. Contudo, este grupo afirma não ter aprendido o tema e sim, talvez decorado para as avaliações anteriores, sem uma leitura crítica, problematizadora e contextualizada acerca da biologia celular. Foi o mesmo achado por Barbosa, et al. (2015) ao investigar estudantes do terceiro ano do Colégio Alda.

Partes do corpo – esta categoria foi um mosaico de respostas, como: "substâncias do corpo", "dá início à vida", "parte do corpo que produz DNA". O que seria o tema correto, na verdade se mostra híbrido, pois havia uma parte dos estudantes que claramente não tinha um conceito concreto sobre o que seja célula, reunindo em uma frase palavras da Biologia, mas sem conexão. Demonstra que é um campo que necessita de ações pedagógicas planejadas para aproximar e aprofundar os estudantes da temática. O lúdico, como a construção dos três modelos de células em 3D, ou mesmo, vídeos, pode cooperar para sua aprendizagem, desde que seja questionada pelo professor (DENTILLO, 2009).

Pequenos organismos – para os quatro estudantes, célula é como se fossem microrganismos que vivem no interior dos seres vivos, ou seja, é algo alóctone, não é natural aos seres vivos. Demonstra uma confusão com o conceito, talvez tenham interpretado incorretamente informações transmitidas durante as aulas ao longo de sua vida escolar, pois célula é um conteúdo abordado desde o ensino fundamental, e formado sua própria definição alternativa sobre célula (LEAL et al, 2015b). Um estudante deixou de responder, o que permite levantar hipótese como falta de tempo, de vontade ou não

percebeu a questão, pois havia outras no questionário. Pelos resultados, deduz-se que a maioria dos pesquisados desconheciam, à época da pesquisa, a definição, reducionista, de célula.

* A quarta questão coletada foi: “No corpo dos seres vivos, onde há célula? Justifique”³³. Era esperado como resposta correta que todo o corpo dos seres vivos é formado por células, não importando o número de células e complexidade. Um grande número de estudantes respondeu ‘Não sei’ (45%, 17/38), seguido da resposta considerada “adequada”: ‘No corpo todo’ (37%, 14/38). Seis estudantes (16%, 06/38) responderam que há células apenas no sangue e um (2,6%, 01/38) estudante não respondeu. Nenhum estudante completou com justificativa, embora tenha sido solicitado. Algumas respostas foram selecionadas e agrupadas no quadro 4.2.3.

Quadro 4.2.3. Respostas dos estudantes informando os locais do corpo dos seres vivos que possuem células

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
No corpo dos seres vivos, onde há célula? Justifique.	Não sei	17	“Não sei” - E15
	No corpo todo	14	“No corpo todo, por que somos formados por células” - E10
			“Em todas as partes do corpo dos seres humanos” - E16
			“Em todo o nosso corpo, se nos ferimos (cortamos as células) é claro que elas tentam se juntar para curar, sendo assim, acho que no corpo inteiro” - E20
	Sangue	06	“No sangue, por exemplo, no ser humano tem um tipo de célula, nas mulheres, nos homens já tem outra” - E01
			“No sangue” - E17
			“No corpo, fica dentro da corrente sanguínea” - E31
Não respondeu	01	E28	

As quatro categorias citadas abaixo emergiram da quarta questão: “No corpo dos seres vivos, onde há célula? Justifique.”:

Não sei – um dos dogmas da Biologia é que todo ser vivo é formado por célula ou células (MAYR, 1998), embora haja discussões acerca desta afirmação, principalmente em relação aos vírus, as quais não foram suficientes para destituir tal afirmação. Sob esta assertiva, quando os participantes responderam não saber onde há células, revelam que houve alguma falha na construção deste conhecimento sobre citologia e conseqüentemente, dos conteúdos estruturantes e genética, como apontam Silvério e Maestrelli (2013). Os conceitos apreendidos em citologia são essenciais para se aprender genética. Não é apenas um conteúdo escolar, é um conteúdo para a educação científica e biológica que

³³ Esta pergunta foi modificada para ser aplicada em 2017, onde foi retirada a opção “justifique”. O motivo de ter retirado foi a percepção que os estudantes não escreviam sobre o assunto com justificativa.

pode ajudá-los em sua emancipação crítica e consciente para tomar decisões se necessário (CHASSOT, 2016).

No corpo todo – subentendem-se nesta categoria que estejam envolvidos os organismos unicelulares também, embora não esteja clara a intenção. Pela análise das sentenças os estudantes lembraram mais dos multicelulares. A citologia é um conteúdo que demanda outros conhecimentos e quando usadas estratégias didáticas como os modelos, estas são facilitadoras da aprendizagem (GOBORA; VINHOLI JR, 2016). Os estudantes repetiram o que ouviram em sala de aula.

Sangue – Esta categoria citada por um pequeno grupo de estudantes foi a mesma citada na segunda pergunta quando questionados (“*Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico?*”). Para Barbosa et al. (2015) isso significa um senso comum. A resposta ‘sangue’ não é incoerente, porém, quando se pensa na genética e na meiose, a categoria ‘sangue’ se torna um complicador, pois tal tecido não faz a gametogênese.

Não respondeu – Apenas um estudante não respondeu. Não se sabe se o participante não viu, ou se realmente não quis, de certa forma se comprometer com a resposta.

Dessa maneira, observa-se o tema citologia é um conteúdo fragilizado dentro do ensino de Biologia, carecendo de novas abordagens para seu ensino e aprendizagem, já que todos os seres vivos possuem célula. Deve-se lembrar que trata-se de um conteúdo presente no ensino fundamental na disciplina Ciências. Rodrigues (2012) afirma que quanto mais próximo esteja o tema de estudo da vida cotidiana dos estudantes, menos facilitador se torna o ensino e a aprendizagem, por já possuírem suas concepções prévias. Com esta fragilidade na temática célula, o ensino de genética demonstrou-se ainda mais distante e pouco envolvente para os estudantes pesquisados.

* A quinta pergunta estava relacionada diretamente à temática genética, quando questionados: “*Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?*”. Grande parte dos estudantes respondeu que vem à mente o termo ‘Família’ (45%, 17/38); seguido por ‘DNA’, respondido por apenas cinco estudantes (13%, 05/38), ‘Corpo humano’, respondido por quatro estudantes (10,5%, 04/38). Na categoria ‘Outros’ foram arroladas as respostas de doze estudantes que variaram entre “não sei” e “nada” (31%, 12/38). O esperado era que os estudantes definissem a genética como parte da ciência da hereditariedade que estuda a transmissão e a herança de características. A maior ocorrência se relacionou com seus próprios familiares, expressando uma visão antropocêntrica, mas ao mesmo tempo reconhecendo o papel da herança de características da genética. As categorias citadas nesta pergunta e exemplos de sentenças seguem no quadro 4.2.4.

Quadro 4.2.4. Ideias que os estudantes possuem acerca do termo genéticaObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?	Família <i>Familiar</i> <i>Hereditário</i>	17	“Família, por que, por exemplo, você tem uma doença, você pode ter vindo da sua genética, tipo dos seus pais” - E01
			“Vem na minha mente que eu sou parecido com alguém” - E05
			“Que vem de pai para filho” - E14
			“Que as pessoas tem a mesma genética, mas são diferentes” - E17
			“Vem as características dos pais que passam para os filhos” - E21
	DNA	05	“DNA” - E24
			“Na minha mente vem coisas relacionados ao DNA” - E26
			“Tipo uma célula hereditária que passa de pai para o filho no DNA” - E27
	Corpo humano	04	“Características do nosso corpo” - E28
			“Corpo humano” - E15
	Outros <i>Nada</i> <i>Não sei</i>	12	“Não sei” - E10
			“Nada...” - E32

As quatro categorias citadas abaixo emergiram da quinta questão: “Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?”:

Família – os participantes reconhecem que a genética tem a ver com o que herdam e transmitem aos seus descendentes, deixando para os interlocutores a interpretação do que seja. Pela categoria e subcategorias a maioria percebe que a ciência da hereditariedade está próxima ao familiar, mas nenhum relato considerou a evolução das espécies e a análise do DNA. Knippels; Waarlo e Boersma (2005) defendem que o discurso da hereditariedade e de seus conteúdos estruturantes façam parte das mesmas séries escolares, e para os autores, isto permite uma maior compreensão do papel da célula, com o núcleo celular (DNA) e a genética por parte dos estudantes. Ribeiro e Santos (2013) defendem a ideia dos exemplos cotidianos no ensino da genética, já que há muita confusão quando une os conteúdos estruturantes com a genética, do mesmo modo que Bonadio; Paiva e Klautau-Guimarães, (2015).

DNA – a molécula do ácido desoxirribonucleico é a única ligação física entre os descendentes, e torna-se um conteúdo essencial, uma vez que o DNA é objeto da genética (SNUSTAD; SIMMONS, 2013), pois é um elemento central e unificador no estudo da genética. Porém, caracteriza que o DNA e a genética sejam dominantes na expressão, ou não, de alguma característica; não consideram o papel do meio ambiente e de mutações que são eventos aleatórios (se não forem induzidas em laboratório, por exemplo). Nesta categoria sobressai o entendimento de imutável. Os debates sobre mutações e meio

ambiente possibilitam um novo olhar além do estabelecido no DNA. A discussão do DNA é atual, mas abstrata por conta de seu aspecto microscópico, por isso a estratégia de extração de DNA da cebola, o origami e a música “ácidos nucleicos” foram importantes para expandir as informações do DNA. Tem grande potencial na educação científica e biológica e compreensão para a genética como apontou Barbosa et al. (2015).

Corpo humano – sobressai o modelo cartesiano e antropocêntrico, já que está restrito a um organismo. O DNA está além da espécie *Homo sapiens*, sendo apenas mais uma espécie entre tantas que existiram e existem. Os estudantes partem daquilo que é próximo deles, o próprio corpo como referência. Trivelato (2005) defende a ideia de apresentar a Biologia aos estudantes numa visão integrada e holística para que faça sentido para o estudante/cidadão. Mas, primeiramente, torna-se necessário descaracterizar o antropocentrismo do, e no, ensino da Biologia e esta tendo como justificativa a utilidade ao ser humano como afirma Viviani (2007).

Outros – representa o desafio que é a abordagem da genética e de seus conteúdos estruturantes aos estudantes, não apenas no colégio pesquisado. O desconhecimento de algo tão divulgado nas mídias, não deveria trazer estranhamento, porém, não é o que se viu neste resultado. A genética fica restrita a um pequeno público que a entenda, embora seja vivida por todos os seres vivos, este contrassenso precisa ser combatido para democratizar o conhecimento científico e cultural aos estudantes/cidadãos (LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2016). A promoção do discurso da genética precisa fazer parte do cotidiano do estudante no ambiente escolar por fazer parte da cultura atual. Para isto, os professores (junto com os responsáveis e o estado) têm grandes responsabilidades, já que se tornam referências para seus educandos. Como a genética é vivida por todos, ao menos seus mínimos conceitos, como na saúde, precisa ser reconhecida pelos que perpassam pelos bancos escolares (VESTENA; LORETO; SEPEL, 2015).

O objetivo em se coletar opiniões sobre esta questão era discutir o que os participantes conheciam a respeito da ciência da hereditariedade. Estão próximas as categorias “Família” e “Outros”, o que demonstrou estar dividida a compreensão, mesmo que com interpretação antropocêntrica e a não compreensão da genética. Quanto mais vivida a experiência da genética na escola, maior a chance de sua aprendizagem, ou que sejam criadas condições para sua aprendizagem no futuro, assim como pode ocorrer com outro conteúdo. Ressalta-se que genética não é um discurso exclusivo da escola, pode haver novas experiências que aumentem a compreensão da hereditariedade pelos estudantes ao longo da vida (MATURANA; VARELA, 2011; MATURANA, 2014).

Na hierarquia dos fenômenos biológicos, ela [a genética] atua num nível que permite fazer a ponte entre aquelas disciplinas da Biologia que se ocupam de organismos plenos, como os sistemas e a maior parte da Biologia evolucionária, e aquelas que tratam puramente de fenômenos moleculares.

Dessa forma, ela contribui para a unificação da Biologia, justamente por ter mostrado que os processos genéticos, nos animais e nas plantas, são exatamente os mesmos. Mais importante ainda, a genética ajudou a resolver os problemas relativos aos mecanismos da evolução e do desenvolvimento (MAYR, 1998, p. 701).

Quando se pensa no material didático presente na escola, há apenas os livros didáticos e destes, apenas uma coleção de livros de Biologia aprovados no PNLD do triênio 2015-2017 apresenta genética na segunda série do EM, as demais oito, permanecem com genética no terceiro ano (LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2016), e, assim, há uma separação dos conteúdos que são interligados para a compreensão da genética, o que pode se somar ao imbróglio da incompreensão da genética no nível do EM.

* A sexta pergunta se relacionou com a linguagem da Biologia (“*Qual sua opinião sobre os nomes e termos que existem na Biologia? Disserte.*”), a intenção era conhecer a opinião dos participantes sobre os nomes da Biologia. Foi uma pergunta objetiva, com seis opções; após, foi pedido que justificassem suas escolhas, ninguém justificou com argumentos; simplesmente repetiram as opções de respostas. Os resultados desta foram: ‘A maioria é difícil’ (42%, 16/38); ‘Tenho muita dificuldade em lembrar dos nomes e termos’ (42%, 16/38); ‘Decoro os nomes e termos para ser aprovado(a) na matéria’ (8%, 03/38); ‘A maioria é fácil’ (5,2%, 02/38); e ‘Todos são fáceis’ (0,38%, 01/38). Assim, foi notado por meio das respostas, que a maioria dos estudantes consideram que o vocabulário da Biologia é difícil.

De acordo com os autores Fang (2005); Thörne; Gericke e Hagberg (2013) e Trivelato e Tonidandel (2015) a linguagem da Biologia, e também da genética, é um ponto de gargalo na compreensão da Biologia de forma geral, logo, o professor acaba sendo um ponto importante de fonte de informação e de esclarecimentos para a continuidade da aprendizagem. Se as dúvidas não forem sanadas a contento, a dificuldade será ampliada a cada período de ensino. A Biologia apresenta muitos termos com radicais gregos e latinos que se não forem esclarecidos e discutidos no ambiente escolar, se tornam apenas uma linguagem da ciência Biologia, e “exclusiva da escola”, Freitas (2013). Para Trörne; Gericke e Hagberg “é crucial para os professores explicar os principais conceitos e suas relações uns com os outros de forma clara e direta. É importante esclarecer como os conceitos se relacionam entre si em diferentes contextos” (2013, p. 701 – tradução livre) com a finalidade de alcançar a compreensão do tema e sua linguagem estudada pelos discentes.

* A sétima questão: “*Quem foi Gregor Mendel?*” teve a intenção de analisar se os estudantes saberiam relacionar o contexto histórico aos conhecimentos sobre a genética, uma vez que Gregor Mendel é chamado de o “pai da genética”, a ciência da hereditariedade. Mesmo reconhecendo que já existia a ciência da hereditariedade antes de Mendel, como descrito por Mayr (1998); Prestes e Martins (2016), ainda é um senso comum a figura de Mendel como fundador da genética. Obteve-se como resultados: ‘Nunca ouvi e

nunca estudei sobre o assunto' (71%, 27/38); 'O pai da genética, a ciência da hereditariedade' (8%, 03/38); 'O pai da química, a ciência da vida' (5,2%, 02/38); 'O monge que estudou a evolução das espécies' (5,2%, 02/38); 'Cientista que descobriu o microscópio' (5,2%, 02/38); e um estudante respondeu: 'Quem primeiro organizou a tabela periódica' (0,38%, 01/38); e um não respondeu. Pelos resultados coletados percebe-se o desconhecimento sobre a história do monge que cultivava ervilhas para pesquisas de observação. Os primeiros experimentos de Mendel relacionados às ervilhas são muito lembrados no livro didático quando se aborda a genética mendeliana. Entretanto, o estudante não vê muito sentido em fazer cruzamentos entre ervilhas verdes e amarelas já que nem sempre a discussão sobre tal modelo experimental é explorada (TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2014). Seria mais motivador para os estudantes se partissem da curiosidade ou do cotidiano, mesmo considerando a importância para a história da Ciência de Mendel na organização dos conceitos de genética (PRESTES; MARTINS, 2016), contudo sem reforçar a ideia de ser a genética uma ciência aplicada apenas a humanos.

* A última questão na coleta de dados, foi inspirada no trabalho de Fabrício et al. (2006), ao se perguntar "*Explique em poucas palavras como você acha que se processa a transmissão das características de pais para filhos*". Esperava-se como resposta que "estas ocorrem por meio dos gametas, os quais possuem genoma constituído pelos genes do genitor doador do gameta" (FABRÍCIO et al., 2006, p. 07), ou algo parecido como ter herdado o DNA do pai e da mãe (progenitores na reprodução sexuada). Porém, não foi o encontrado na maioria das respostas. Os estudantes repetiram frases da própria pergunta do questionário, como "DNA", "genética". Durante a aplicação deste questionário esta pergunta foi esclarecida aos estudantes que não a compreenderam, por isso foi realizada uma releitura. As categorias que emergiram foram: "DNA" (57%, 22/38) e "Outros" (42%, 16/38) como demonstrado no quadro 4.2.5.

Quadro 4.2.5. Percepções, pelos estudantes, de como ocorre à transmissão das características de pais para filhos

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Explique em poucas palavras como você acha que se processa a transmissão das características de pais para filhos.	DNA <i>Genética</i>	22	“São 50% do pai e 50% da mãe” - E04
			“O DNA do pai e da mãe se misturam para criar o do filho. E as genéticas também, talvez a genética mais forte predomine mais” - E20
			“Pela genética” - E22
			“Através do DNA, temos a genética de nossos pais, que são passadas através da fecundação” - E29
	Outros <i>Não sei</i> <i>Não respondeu</i>	16	“Não sei” - E03
			“Normal” - E31
			“Eu sei, mas esqueci” – E34

As duas categorias citadas abaixo emergiram da oitava questão: “Explique em poucas palavras como você acha que se processa a transmissão das características de pais para filhos”:

DNA – o nome da categoria reaparece, contudo sob um novo contexto. Nesta há o reconhecimento da importância do DNA para a transmissão e herança das características. Logo, o DNA é reconhecido, mesmo que de forma incipiente na ciência da hereditariedade. Há uma ausência na linha de raciocínio dos estudantes, pois os mesmos não relatam em nenhum momento a meiose, que pode ser o indício do desconhecimento deste conteúdo. Há relatos dos gametas, sem mencionar sua formação e permutação que possibilita a variabilidade genética. Mas na ausência da compreensão da meiose há dificuldades na compreensão da genética (KALAS et al., 2013). Por isto, não devem ser desassociados os conhecimentos de citologia e genética, como defendem Knippels; Waarlo e Boersma (2005) que a união dos mesmos em uma única série escolar tem potencialidades para a melhora da educação biológica. Esta questão foi discutida em sala, posterior à aplicação do questionário, permitiu rememorar a categoria ‘Sangue’ anteriormente citada. Não é o sangue que passa as características genéticas. Em princípio, os estudantes compreenderam a questão.

Outros – Nesta categoria foram incluídos dezesseis estudantes que citaram “não sei” ou respostas não relacionadas como “normal”. Não foi mencionada, por exemplo, a genética no papel da herança e transmissão. Nas respostas dos estudantes aqui categorizadas foi possível observar que desconheciam como ocorre o processamento da transmissão genética, como citado na pergunta. Para a aprendizagem deste conteúdo os estudantes precisariam reconstruir internamente tais conceitos para serem aplicados em

outros momentos que não apenas como um conteúdo escolar (BONZANINI; BASTOS, 2005; FREITAS, 2013; SILVÉRIO; MAESTRELLI, 2013).

As duas categorias da última pergunta revelaram o desconhecimento do papel dos gametas na reprodução sexuada, mesmo no caso humano. A pesquisadora-professora posteriormente discutiu tal questão com os estudantes, em conjunto com a discussão sobre o papel da citologia e principalmente sobre o tema meiose. Isso ocorreu após a atividade 'quadrilha da mitose' apresentada mais à frente.

4.3 Concepções prévias: primeiro questionário do terceiro ano do EM

As turmas 3001 e 3002 em 19 de agosto de 2015 responderam ao primeiro questionário (APÊNDICE E) como analisado a seguir, e totalizaram cinquenta e cinco estudantes participantes nesta data, com idades variando entre 16 e 18 anos no final de 2015. Destes, 47 estudantes foram matriculados no colégio Alda desde o primeiro ano do ensino médio. A pesquisadora não foi a aplicadora do questionário neste dia e os educandos receberam um código alfanumérico E01-1 a E48-1.

Ao se retornar ao quadro 3.2.2.2 (página 107) foi feita a escolha em se analisar os 48 questionários dos participantes do primeiro e segundo questionário coletados (agosto e dezembro). Este questionário tem a relevância em sua aplicação para o conhecimento em como encontrava o ensino de genética e seus conteúdos estruturantes no Colégio Alda no momento da aplicação, já que se tratava de turmas terminais. Um segundo questionário foi utilizado para coleta de dados com este grupo no fim do segundo semestre com questões sobre o tema "biotecnologia", pois o mesmo só é discutido em sala de aula neste período. A intenção era conhecer se houve, ou não, mudanças nas respostas.

As análises realizadas do primeiro questionário do terceiro ano do EM, tiveram como resultados os dados apresentados a seguir:

* A primeira pergunta deste questionário foi: "*Estudou genética?*". O objetivo da questão foi tentar buscar se conheciam o termo ou tiveram contato em algum local. A maioria afirmou ter estudado em algum momento da vida escolar, mas não se lembravam de muita coisa (56%, 27/48); cinco citaram que estudaram, mas não lembravam de nada (10,4%, 05/48); outros cinco estudantes gostaram muito de ter estudado genética (10,4%, 05/48); e cinco alegaram que estudaram genética em outro local, que não a escola. Nesta opção de resposta ("Outros"), o estudante poderia redigir que local seria, mas nenhum deles explicitou tal resposta. Quatro estudantes afirmaram que lembravam do que estudaram (8,3%, 04/48) e dois afirmaram que estudaram no primeiro ano do EM em Biologia (4,2%, 02/48).

Sobre esta questão, embora já estivessem no segundo semestre deste ano letivo (2015) quando responderam o questionário, a maioria dos participantes respondeu de forma semelhante ao discutido por outros autores. Nestes, os autores discutem que a genética não faz sentido para os estudantes porque não parte do cotidiano dos mesmos, restando a repetição de exercícios e, nas avaliações para comprovarem se houve, ou não, a aprendizagem; os estudantes não a compreendem (SILVÉRIO; MAESTRELLI, 2013; THÖRNE; GERICKE; HAGBERG, 2013; VESTENA; LORETO; SEPEL, 2015). Nos resultados apresentados nesta tese, apenas quatro participantes afirmaram se lembrarem do que foi estudado em genética. Contudo, essa coleta de dados não permitiu indicar se houve aprendizagem ou não, e nem que os estudantes que relataram não se lembraram, ou que não estudaram, não possam aprender a genética em outros eventos de ensino ao longo de suas vidas. Estes dados indicam uma superficialidade no ensino; quando estudam para serem aprovados em processos seletivos, como discutido por Pozo e Crespo (2009) e Krasilchik (2011).

* A segunda pergunta foi objetiva com seis opções de respostas e pretendia conhecer o que os estudantes compreendiam por genética: “*Genética significa o quê?*”. Os resultados mostraram que a maioria assinalou que se trata do campo da ciência que estuda a hereditariedade (94%, 45/48), um estudante citou que é algo que existe apenas nos animais e plantas (2,1%, 01/48); um citou que se trata do tema de Biologia que estuda o meio ambiente (2,1%, 01/48); e um estudante não respondeu (2,1%, 01/48).

Tais resultados indicam que os estudantes associam o termo “hereditariedade” à genética, mas não foi possível aferir se houve conhecimento sobre o tema. De acordo com Santos (2005) é na escola que estas informações podem significar conhecimentos e atravessar os muros escolares. Isto posto, o entendimento da relação da genética com a hereditariedade foi apresentado pela maioria, provavelmente por suas experiências no decorrer de suas vidas até chegar ao ponto de obtenção dos dados por meio do questionário. Outras experiências podem se somar para que o conhecimento gere aprendizagem e o discurso da genética chegue ainda mais aos cidadãos e contribua também para seus processos emancipatórios enquanto cidadãos (CHASSOT, 2016).

* A terceira pergunta foi: “*Quem foi Gregor Mendel?*”, com a intenção de conhecer se os participantes já haviam tido contato com o contexto histórico do monge, mesma pergunta realizada com os estudantes do primeiro ano. A maioria respondeu que se trata do pai da genética (62,5%, 30/48), a ciência da hereditariedade; dezesseis afirmaram nunca terem ouvido falar de Gregor Mendel (33,3%, 16/48); e dois não responderam (4,2%, 02/48).

Mayr (1998), Martins (2002) e Prestes e Martins (2016) discutem que embora Mendel seja considerado o pai da genética, já havia a hereditariedade antes de Mendel, como apresentado antes no quadro 2.4.1. Mesmo com importância para a história da genética,

para o estudante, o monge, as ervilhas e os cruzamentos não fazem sentido, sendo importante que os professores discutam com os estudantes a questão para fazer sentido no ensino (JUSTINA; FERLA, 2006). É um resultado diferente do apresentado pelos estudantes do primeiro ano, já que a maioria dos estudantes do terceiro ano reconheceram Mendel como o “fundador da ciência da hereditariedade”.

* A quarta pergunta foi: “*Existe importância para você em aprender genética?*” com seis opções como respostas. Dezenove estudantes assinalaram que “tem importância, pois a genética está em todos os seres vivos” (39,6%, 19/48); quatorze afirmaram que “sim, porque estuda sobre a hereditariedade” (29%, 14/48); quatorze assinalaram que “sim, porque a genética é um ramo da pesquisa científica que tem reflexo na saúde” (29%, 14/48) e um estudante não respondeu.

Embora com quatro respostas assinaladas pela maioria, três delas confirmam a importância em aprender genética para além da vida escolar e não como apenas um componente curricular da Biologia. Por meio do conhecimento sobre a hereditariedade os indivíduos podem se posicionar e fazer escolhas relacionadas com sua saúde e alimentação, por exemplo (AYUSO; BANET, 2002; MBAJIORGU; EZECHI; IDOKO, 2007). É um conteúdo significativo para a autonomia dos cidadãos (MATURANA; VARELA, 2011; MATURANA, 2014). Além de poderem participar de discussões que giram em torno destes conteúdos, permite assim, uma ascensão social, por meio de seus conhecimentos e com participação na sociedade. Contudo, por se tratar de uma pergunta objetiva, não foi possível afirmar que de fato há o reconhecimento da valorização deste conteúdo pelos estudantes. A genética é uma coalizão que une toda a Biologia e o conhecimento da genética permite explicar várias questões sobre vida e sua organização na biosfera, pois, os temas ligados à biologia celular e à genética fazem parte do cotidiano, sendo comum encontrar em diferentes veículos de informação; mas há inúmeros dados incompletos e de difícil abordagem e linguagem, que têm gerado na população sentimentos confusos, o que acaba afastando o ensino e a aprendizagem da genética.

* A quinta pergunta foi “*Todo ser vivo possui o ácido desoxirribonucleico (DNA)?*”. O objetivo era conhecer se os estudantes reconheciam, ou não, o papel do DNA como denominador comum dos seres vivos e como um dos conteúdos estruturantes. Trinta e nove afirmaram que sim (81,2%, 39/48); sete assinalaram que não (14,6%, 07/48) e dois deixaram de responder (4,2%, 02/48).

O DNA é o objeto da genética como afirmam Mayr (1998) e Snustad e Simmons (2013). Mesmo o termo DNA sendo muito comentado na mídia, foram obtidos resultados negativos na compreensão do tema DNA, falha na educação científica e biológica (GÓES; OLIVEIRA, 2014; BRASIL, 2015), que pode ser adquirido com novas experiências, é um

discurso muito comum no meio dos professores de Biologia e nas aulas, como afirma Nascimento e Meirelles (2014) o discurso midiático da temática DNA e genoma ocorre.

* A sexta pergunta foi dissertativa: “Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?”. A resposta esperada era ‘célula’; contudo obtiveram-se os seguintes resultados categorizados: “Célula” (54%, 26/48); “Sangue” (25%, 12/48) e “Outros” (21%, 10/48). No quadro 4.3.1 são apresentados os resultados. Resultados parecidos com os apresentados no quadro 4.1.1 somente com a inversão das categorias. A maioria reconhece que o DNA fica na célula. Na pergunta há a referência a ‘seres vivos’ e não, específico a uma espécie como a *Homo sapiens*.

Quadro 4.3.1. Registro dos estudantes dos locais em que existe DNA

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?	Célula	26	“Na célula, presente no núcleo” – E08
	Corpo humano		“Na célula” – E10
	Corpo		“No corpo inteiro” – E21
	Núcleo da célula		“Nos cromossomos” – E31
	Sangue	12	“No sangue” – E01
			“No sangue” – E47
	Outros Não sei Não respondeu	10	“Não sei” – E02

As três categorias citadas abaixo emergiram da sexta questão: “Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?”:

Célula – englobaram-se nesta categoria as células procarióticas e eucarióticas, assim como o corpo dos indivíduos. De fato o DNA fica localizado na célula. As categorias dos participantes do terceiro ano se mostraram mais consistentes quando comparadas com as apresentadas pelo primeiro ano, mesmo assim, ainda há incoerências, pois todos os organismos vivos são formados por célula e os estudantes, quando deram exemplo, relataram apenas os organismos multicelulares. Entretanto, foi considerado um avanço o reconhecimento do DNA como constituinte da célula pelos estudantes do terceiro ano (MAYR, 2005).

Temp e Santos-Bartholomei (2013) chamam atenção para o desafio que é o ensino de Biologia, pois são muitos conceitos e com linguagens (imagéticas, gráficas, gestual) diferentes para os estudantes acompanharem. Krasilchik (2011) alerta para o ensino tradicional que não tem demonstrado resultados apropriados para o ensino de Biologia atualmente, onde a informação circula de forma muito rápida. Mas há avanços entre os estudantes, provavelmente pelas experiências vividas nos anos escolares e experiências acumuladas fora do ambiente escolar.

Sangue – ressurgiu a categoria, que é muito forte no imaginário estudantil no Colégio Alda; para alterar este resultado aponta-se para a diversificação de estratégias didáticas para abarcar a todos em sala de aula, como o uso das tecnologias como Nunes et al. (2014) discutem, em comum com Piassi e Pietrocola (2009) os quais defendem a ideia de se usar filmes comerciais como estratégias de ensino. Quando estas estratégias são debatidas em sala há vislumbres que o professor não pode avaliar, já que cada estudante faz sua própria ressignificação. São experiências significativas para avançar na educação científica e biológica e diminuir com este consciente coletivo de que o DNA se encontra no sangue. Não é possível retirar uma amostra do tecido humano para que os estudantes possam visualizar que os seres vivos são formados por célula, os impasses são a infraestrutura, que não existe e a biossegurança; logo as estratégias didáticas se tornam o mais real, como anteriormente discutido por Trivelato e Tonidandel (2015). Discutir a divisão celular também ajuda a desmistificar o sangue como único portador do DNA (KALAS et al., 2013), e, por meio disto os estudantes poderão perceber que as células do tecido conjuntivo (presentes em alguns animais) não fazem a meiose.

Outros – categoria relevante ao se considerar o público investigado (estudantes do terceiro ano). Para Eilam e Reiter (2014) os educandos têm muitas dificuldades para a compreensão da estrutura e função do DNA. O discurso do ácido desoxirribonucleico circula nos meios sociais pelos quais os estudantes transitam, mas não houve, neste resultado, o conhecimento. Tal premissa permanece neste resultado quando nesta categoria o ‘não sei’ foi representativo.

As três categorias emergentes apontam que a localização do DNA, sua forma e função ainda permanecem obscuras para uma parcela dos estudantes, mas a maioria identifica como algo que pertencem ao seu corpo e aos demais seres vivos, esta última ainda de forma muito incipiente.

* A sétima pergunta foi: “*Existe, ou não existe, associação entre o ácido desoxirribonucleico (DNA) e a genética?*”. Questão semiestruturada com os seguintes resultados objetivos: para trinta e oito estudantes (79,1%, 38/48) existe associação; sete (14,6%, 07/48) não responderam e para três participantes (6,2%, 03/48) não existe associação.

A resposta pretendida era que sim, existe associação, a questão do meio ambiente não foi esperada nesta questão e nenhum participante a abordou em suas respostas. Na parte discursiva da questão emergiram as seguintes categorias: “Outros” (41,6%, 20/48); “Tentativa em elaborar uma resposta” (35,4%, 17/48) e “Superficial” (23%, 11/48). No quadro 4.3.2 seguem os resultados categorizados:

Quadro 4.3.2. Percepção dos estudantes na associação entre o DNA e a genética

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Existe, ou não existe, associação entre o ácido desoxirribonucleico (DNA) e a genética () Não existe associação; () Existe associação	Outros Não sei Não respondeu	20	“Eu sei, mas não sei explicar” – E01
			“Na minha opinião, o DNA tem algo em comum com a genética” – E12
			“DNA é um estudo dentro da genética” – E20
			“Sim” – E26
	Tentativa em elaborar uma resposta	17	“A genética existe que passa de ‘pais’ para ‘filhos’ como o tempo puxar uma pequena aparência de cada um, DNA é a genética para ser se é o verdadeiro pai” – E07
			“Pois a nossa genética se faz presente em nosso DNA” – E10
			“Algumas características hereditárias são herdadas dos antepassados através do DNA” – E38
Superficial	11	“Pois pelo DNA se descobre a genética” – E27	

As três categorias citadas abaixo emergiram da sétima questão: “Existe, ou não existe, associação entre o ácido desoxirribonucleico (DNA) e a genética?”:

Outros – Esta categoria foi citada por vinte dos quarenta e oito respondentes, categoria relevante que demonstra um aparente entendimento da genética por parte dos estudantes aqui pesquisados, pois quando responderam foram evasivos. Borges e Lima (2007) afirmam que o ensino de Biologia, mesmo com tantas alternativas metodológicas, é frágil e privilegia o ensino tradicional, fragmentado e acrítico, fazendo com que este tema e discurso (DNA e genética) fiquem restritos à escola. Esta categoria não expressa a realidade dos participantes, haja vista que são seres com autonomia e que podem viver experiências no decorrer de suas vidas que abarquem o conteúdo. A intenção não é ridicularizar ou expor os participantes, mas chamar a atenção para a fragilidade do tema pesquisado, pois requer os conhecimentos dos conteúdos estruturantes para a progressiva aprendizagem da genética.

Tentativa em elaborar uma resposta – categoria temática onde os estudantes tentam fazer uma associação entre os conteúdos estruturantes, mas não conseguem elaborar uma resposta convincente; mesmo assim reconhecem a associação. Como a Biologia não é vista como uma perspectiva sistêmica, o imbróglgio permanece no ensino de genética (REVERSI; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2012).

Superficial – nesta categoria se percebe que os estudantes ficaram com receio de entregar a questão em branco, porém não releeram suas respostas para verificarem se a resposta fazia sentido. As sentenças foram superficiais, fragilizadas e não alcançaram o

objetivo da pergunta. Entretanto, há um reconhecimento entre o DNA e a genética, já é um avanço, ou, talvez tenham sido influenciados pela própria pergunta realizada. A biologia molecular e a genética estão separadas pelas séries escolares, o que é motivo de críticas por Knippels; Waarlo e Boersma (2005), os quais discutem que esta separação é “imprópria” para o ensino, ficando o conhecimento superficial e os escolares sem se apropriarem dos conteúdos.

Nas três categorias foi possível perceber que a relação de DNA e genética precisa ser problematizada e discutida e não encarada como um discurso que todos dominam por fazer parte dos discursos que circulam, como nas redes sociais e na mídia. A didatização é questão da educação formal, e é fundamental ser repensada para os educandos/cidadãos (FONTOURA; PIERRO; CHAVES, 2011), pois ajuda os estudantes a adquirirem sua autonomia intelectual. A escola não pode se esquivar desta responsabilidade, por isso precisa planejar, e usar quando oportuno, as estratégias que enriquecem todo conteúdo escolar e são auxiliadoras no processo educativo.

* A oitava questão foi: “*Para você, o que é célula?*”, que teve a pretensão que os estudantes respondessem suas concepções acerca do tema, mas com alguma informação da Biologia. Célula é um conteúdo lecionado desde o ensino fundamental na disciplina Ciências e não deveria soar como estranho aos participantes. O mais comum no ensino de Biologia é a definição de célula como a menor unidade morfofuncional de um ser vivo, ou seja, como existem organismos unicelulares, na célula há todos os componentes necessários, como as organelas, para se manter viva, como exemplos são as: bactérias e os protozoários. As categorias encontradas foram: “Ser vivo” (35,4%, 17/48); “Outros” (33,3%, 16/48); e “Parte” (31,2%, 15/48). No quadro 4.3.3 seguem as categorias e os exemplos.

Quadro 4.3.3. Conceitos de células informados pelos estudantes sujeitos da pesquisa

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Para você, o que é célula?	Ser vivo	17	“Um conjunto de organismos responsáveis pelo nosso corpo” – E18
			“São unidades que compõem os seres vivos” – E23
			“É que constitui um ser vivo” – E33
			“A unidade básica de todo ser vivo” – E46
	Outros Não sei Não respondeu Genética	16	“Não sei explicar” – E10
			“Informação genética de cada ser vivo” – E48
	Parte	15	“É a menor parte do corpo” – E01
			“É a menor porção da estrutura viva” – E40
			“São pequenas partes de nosso corpo” – E47

As três categorias citadas a seguir emergiram da oitava questão: “Para você, o que é célula?”:

Ser vivo – o conceito ainda aceito afirma que todo ser vivo é formado por células, embora haja entidades biológicas como os vírus e os príons. Contudo tal discussão ainda não foi suficiente para reverter a definição de seres vivos formados por células (MAYR, 1998); sendo assim, todo ser vivo é formado por célula. A biologia celular (citologia) também é um conteúdo estruturante que é apresentado, normalmente, na primeira série do ensino médio; e como é necessário tal conhecimento para a promoção da genética no avanço escolar, o ensino não progride devido a estes percalços. São conhecimentos didatizados, porém não contextualizados (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009) que não fazem sentido para os estudantes. Na categoria há um reconhecimento da célula como organismo vivo, mas quando se soma as duas categorias posteriores (31) o desafio permanece. Chama atenção a contribuição do participante E18, ao indicar que célula é algo exógeno que compõe o corpo humano, falta o conhecimento de outros conteúdos estruturantes, a mitose, a própria citologia. Com uma definição reducionista a célula é uma unidade morfofuncional de qualquer ser vivo, ou seja, para ser considerado um ser vivo, deve apresentar célula, independentemente se for organismo unicelular ou multicelular.

Outros – Dos 48 respondentes, 16 foram incluídos na categoria “Outros”, pois ou citaram “Não sei” ou utilizaram concepções equivocadas nas respostas. A categoria deixa claro que os conteúdos estruturantes que só fazem parte do discurso da escola e na disciplina Biologia, não significam muita coisa para os estudantes (FREITAS, 2013), mesmo sendo tais conceitos, atuais como informações na sociedade, como as infecções virais, terapias de células-tronco, entre outras questões. Irlles; Huertas e Ortells (2013) sugerem novas abordagens, como a diversificação das estratégias didáticas para o ensino de citologia, assim como novas formas de avaliações; ao invés de serem somativas e classificatórias, se modificarem para se tornarem diagnósticas (analítica: verificar o conhecimento prévio) e formativa (controladora: verificar se há progresso na aprendizagem) ao longo do processo educativo.

Parte – quinze estudantes responderam esta categoria: corpo em pedaços e as células sendo uma amálgama que o compõem (MARANDINO et al., 2005). Reflete o ensino fragmentado quando o conteúdo citologia é destrinchado no primeiro ano do ensino médio e não é mais resgatado em outro momento do EM. O resultado encontrado demonstra que os estudantes se veem em parte, e não compostos por células, como se fossem formados por vários segmentos. Novamente há o esquecimento dos organismos unicelulares. É possível inferir também o desconhecimento do conteúdo expressão gênica que afirma que todas as células apresentam a mesma informação, o mesmo DNA; mas expressam suas funções de acordo com sua localização.

As categorias apontam um ensino fragmentado ao invés de holístico, por isso o corpo, a célula que cabe no ensino é aos pedaços, em partes, em suas organelas; inclusive nos livros didáticos atuais, por mais críticas que hajam (BELMIRO; BARROS, 2017). Ao mesmo tempo, se percebe a quantidade de conhecimentos que os estudantes precisam ter para responder adequadamente a questão; logo o ensino de Biologia que é acusado de ser conteudista de fato o é (AYUSO; BANET, 2002).

* A nona pergunta foi: “*No corpo dos seres vivos, onde há célula? Justifique*”. Nesta pergunta intui-se que os seres vivos são formados por célula. Os resultados mostraram que a maioria citou que os seres vivos são “Formados por célula” (71%, 34/48). Os demais citaram “Não sei” ou responderam de forma indeterminada e foram agrupados na categoria “Outros” (29,2%, 14/48). No quadro 4.3.4 seguem os resultados.

Quadro 4.3.4. Registro dos estudantes contendo as informações de quais locais dos corpos dos seres citados possuem células

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
No corpo dos seres vivos, onde há célula? <i>Justifique</i>	Formado por célula	34	“Em toda parte, nosso corpo é composto por células” – E01
			“No corpo todo” – E11
			“Em praticamente todo o corpo. No sangue com as células sanguíneas” – E17
			“Em todas as partes. Um ser vivo é composto por células” – E38
	Outros <i>Não sei</i> <i>Não respondeu</i>	14	“Não sei” – E12
			“No DNA. Pois eles não têm pele” – E22
			“Nos organismos unicelulares” – E23

As duas categorias citadas abaixo emergiram da nona questão: “No corpo dos seres vivos, onde há célula? Justifique”:

Formado por célula – seres vivos são formados por célula (unicelulares) e células (multicelulares), conceito bastante difundido desde a teoria celular (MAYR, 1998). Não foi encontrado unanimidade na resposta entre todos os participantes, quando reaparece resposta ‘sangue’, como a contribuição do E17. O conceito de célula é atribuído também no ensino fundamental, na disciplina Ciências, portanto, não deveria trazer estranhamento à pergunta feita (KRASILCHIK, 2011). Mesmo com a pergunta induzindo que os seres vivos são formados por células, não foi uma unanimidade entre os participantes. Neste ponto aulas experimentais, com microscópios seriam enriquecedoras para o processo educativo, ao se observar o tecido de plantas, por exemplo. Contudo, a didática do ensino de células no Colégio Alda permanece com a figura de “ovo frito” no quadro e suas três divisões (nas células eucarióticas): membrana plasmática, citoplasma e núcleo.

Outros – demonstra a aparente fragilidade na educação biológica (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005), mesmo que os estudantes não gostem de Biologia é um conceito base dentro desta disciplina escolar, mas que não foi compreendido, até o momento da pesquisa, pelos participantes. Sua compressão abarca a saúde e suas futuras escolhas, por isso ser considerada importante.

As duas categorias apontam que uma parcela de estudantes desconhece a célula como constituinte do ser vivo e mesmo os que a consideram, demonstraram respostas do senso comum, o que pode ser contornado com novas experiências que cada indivíduo possa ter ao longo de sua vida e em tomada de decisões.

* A décima pergunta foi: “*Qual o seu grau de interesse pelo tema genética?*”. Vinte e nove estudantes afirmaram que queriam aprender por ser interessante (60,4%, 29/48); oito assinalaram que “estavam pouco interessados em aprender” (16,6%, 08/48); seis desejavam aprender para a suas vidas (12,5%, 06/48); dois responderam (4,2%, 02/48) que não estavam interessados em aprender; outros dois (4,2%, 02/48) afirmaram que era importante aprender, pois “avisaram isto a eles” e um (2,1%, 01/48) assinalou que não fazia diferença em aprender, ou não aprender, sendo indiferente na questão.

A questão teve a preocupação em conhecer as concepções prévias dos estudantes acerca da temática genética, embora a maioria tenha expressado o interesse pelo tema de forma espontânea, a outra parcela a vê apenas como um conteúdo da Biologia, e, portanto, sendo obrigado a estudá-la para concluir a educação básica. A genética tem grande potencial para despertar o interesse nos estudantes, sua forma de ensinar que tem sido falha. Santos; Silva e Franco (2015) defendem a ideia de reestruturar os conteúdos para serem mais atrativos aos estudantes; e também investir na educação continuada dos professores para que se sintam mais seguros na hora de inovarem no ensino, em alguma prática, ou mesmo nos debates (GOLDBACH et al., 2013). São várias frentes para serem encaradas se há o desejo em melhorar o ensino e aprendizagem da genética escolar, inclusive na apresentação do tema nos próprios livros didáticos (PEDRANCINI; CORAZZA; GALUCHM 2011; FRANZOLIN, 2013; LEAL; RÔÇAS; BARBOSA, 2016) e no melhoramento por políticas públicas para uma melhor formação docente (GOLDBACH et al., 2013).

* A décima primeira pergunta foi: “*O que o termo meiose quer dizer para você?*” questão objetiva. A opção correta dentro das opções dadas seria ‘divisão celular reducional’. Os resultados mostraram que vinte e três estudantes afirmaram que é a célula se multiplicando com o mesmo número de cromossomos (48%, 23/48); onze citaram divisão da célula haploide em diplóide (23%, 11/48); apenas seis assinalaram a resposta correta afirmando ser a divisão celular reducional (12,5%, 06/48); três citaram que nunca estudaram sobre o assunto (6,2%, 03/48); enquanto três estudantes não responderam (6,2%, 03/48); um (2,1%, 01/48) estudante citou que é a parte da Biologia que estuda a formação de

células somáticas; um respondeu ser a parte da Biologia que estuda o meio ambiente (2,1%, 01/48).

Nesta questão é possível chamar a atenção para a linguagem da Biologia que é confusa para os estudantes, termos como ‘haploide’, ‘diploide’, ‘mitose’, ‘meiose’, entre tantos outros se tornam um transtorno para os educandos (FANG, 2005; THÖRNE; GERICKE; HAGBERG, 2013). São autores internacionais que alertam para a questão da linguagem, ou seja, o problema dos nomes da Biologia não são exclusivos do Brasil. Franzolin (2013) afirma que o ensino de meiose distante da genética (em séries escolares distintas) não possibilita a aprendizagem, o conhecimento em ter ouvido falar do assunto, não gera aprendizagem, haja vista a confusão nos resultados, quando os estudantes confundiram a mitose com a meiose (formação de gametas e esporos). Os termos muito próximos (mitose e meiose) também podem ter confundido os estudantes, eles podiam conhecer o conteúdo, e a nomenclatura não.

* A décima segunda pergunta foi: “Onde você identifica a genética em seu corpo? Encontra-se onde?”. A questão foi dissertativa, exclusiva sobre o corpo humano e obtiveram-se as seguintes categorias: “Outros” com dezoito contribuições (37,5%, 18/48); “Corpo” com quatorze (29,2%, 14/48); sete afirmaram ser no “Sangue” (14,6%, 07/48); e nove estudantes afirmaram identificar a genética na aparência o que formou a categoria “Fenótipo” (18,7%, 09/48). Seguem os resultados no quadro 4.3.5. A pergunta já intui que há genética no corpo humano.

Quadro 4.3.5. Locais em que o estudante identifica a genética em seu corpo

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Onde você identifica a genética em seu corpo? Encontra-se onde?	Outros <i>Não sei</i> <i>Não respondeu</i>	18	“Não sei” – E09
			“Sim. No meu rosto, 46 cromossomos e no desenvolvimento do meu rosto” – E23
	Corpo <i>Célula</i> <i>DNA</i>	14	“Em todos os lugares. No DNA” – E01
			“Por todo ele” – E14
			“Todo o corpo tem a sua genética” – E19
			“Em todo o meu corpo. Nos meus traços e em doenças hereditárias” – E40
	Sangue	07	“No DNA, no sangue” – E17
			“No sangue” – E21
	Fenótipo	09	“Em várias parte como por exemplo os olhos” – E10
			“Nos traços que se destacam no meu corpo e no do meus pais” – E26
			“Nos traços que eu tenho com a minha mãe e com meu pai; na cor da pele, cor dos olhos e etc...” – E39

As quatro categorias citadas abaixo emergiram da décima segunda questão: “Onde você identifica a genética em seu corpo? Encontra-se onde?”:

Outros – categoria que demonstra a confusão da genética para os estudantes. Isso serve como forma de estratificar, segmentar os indivíduos que compreendem a genética e suas aplicações na vida moderna, dos que não a compreendem, inclusive dificultando-os a seguir carreiras das áreas ‘biomédicas’. Porém, todos os seres vivos, inclusive as entidades biológicas como os vírus, a possuem. Novamente retorna-se à discussão na didática para o ensino e aprendizagem e no uso de recursos além dos livros didáticos e exercícios como metodologias de ensino (FREITAS, 2013; BRÃO; PEREIRA, 2015). A discussão do currículo engessado que dificulta inovações nas aulas também são lembrados nesta categoria (SACRISTÁN, 2013), assim como a questão do tempo para que o professor ensine tantos conteúdos em um intervalo de tempo determinado para o prosseguimento de outros temas (evolução, botânica, ecologia, por exemplo).

Corpo – reconhecimento de que a genética está no corpo humano, nas células. Desta forma, o grupo admite que os seres humanos também são regidos pela ciência da hereditariedade, na molécula do DNA (KALAS et al., 2013). Nas sentenças, percebeu-se que houve uma preocupação com doenças hereditárias, talvez por terem sido exemplos dados em aulas.

Sangue – esta categoria foi muito presente no consciente coletivo dos estudantes do Alda, porém para o ensino de genética se torna um problema, pois se tornam necessários os conteúdos estruturantes, como a meiose. E as células do sangue não formam células gaméticas (espermatozoides e óvulos). O que é muito difundido na mídia, como o exame de DNA, não é aplicado na hereditariedade por completo, haja vista a gametogênese que o tecido sanguíneo não faz. Mesmo assim, é algo muito presente e forte dentro desta comunidade estudada. Problematizar tais questões permite ir além desta categoria, para isto se torna importante a formação continuada dos professores, investir nos docentes, investigar o ensino de genética, promover seu discurso na escola e dar liberdade para inovações nas aulas (BONZANINI; BASTOS, 2005; KALAS et al., 2013).

Fenótipo – a categoria se formou porque os participantes deixaram muito claro que genética é o que está aparente, como a cor da pele e dos olhos, quando na verdade o conjunto do genótipo age junto com o meio ambiente (maior ou menor exposição da radiação solar, por exemplo). Percebe-se que para os estudantes a genética exterioriza tudo, porém há genes, como os recessivos, que não se expressam em heterozigose. É um discurso mais intenso dentro do ensino da genética, assim mesmo, faz parte do conteúdo de genética lecionado no ensino médio (BRANDÃO; FERREIRA, 2009) que os estudantes demonstraram desconhecer, ou ficaram inseguros em redigir uma resposta discursiva, ou mesmo não se lembraram no momento.

As quatro categorias apontam que nem todos os estudantes percebem a genética em uma relação com os conteúdos estruturantes, o que faz o discurso da genética ficar

roso, se for necessário um debate mais profundo, nem todos conseguiriam acompanhar; ou seria um rico momento para desfazer sentidos comuns, como o caso do ‘sangue’, para isso demandaria mais tempo no currículo. Para tal se torna necessário investir na formação dos docentes, o conhecimento do conteúdo necessita estar junto com a didática para melhor ensiná-lo. Estas categorias expressam que a divisão dos conteúdos em distintas séries escolares não contempla a todos os estudantes, por terem um intervalo de tempo e outras experiências que podem, ou não, colaborar para a aprendizagem da temática.

* A décima terceira pergunta foi: “Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?” Tal pergunta teve o intuito de conhecer as concepções dos estudantes sobre a temática abordada. As categorias foram: “Hereditariedade” com vinte e sete contribuições (56,2%, 27/48); “Outros” com quinze participações (31,2%, 15/48); e “Ciência” com seis participações (12,5%, 06/48). Os resultados aparecem no quadro 4.3.6.

Quadro 4.3.6. O termo genética

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?	Hereditariedade DNA Família	27	“DNA” – E03
			“Algo que uma certa pessoa herda de alguém familiar” – E19
			“Me faz lembrar o estudo que estuda os nossos antepassados” – E37
			“Hereditariedade” – E46
	Outros Não sei Não respondeu	15	“Não sei explicar” – E13
			“Igualdade” – E41
	Ciência Componente curricular	06	“Biologia” – E01
			“No ensino médio. comportamento” – E22
			“Estudos em laboratório, características do DNA, etc” – E35

As três categorias citadas abaixo emergiram da décima terceira questão: “Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?”:

Hereditariedade – temas recorrentes à genética circulam na mídia e redes sociais, o fato de haver a circulação do tema não determina o conhecimento de sua área. A genética é acusada de privilegiar a fragmentação do conteúdo, de ter muitos termos e regras, além de requerer os conteúdos estruturantes para seu avanço (WILLIAMS et al., 2012; GOBORA; VINHOLI Jr., 2016; REIS; SILVA; BORGES, 2016). Os estudantes ao afirmarem que quando ouvem a palavra ‘genética’ os remetem a algo que se herda, não implica afirmar que os participantes conhecem as regras em como isso ocorre, e sim, que consideram como algo que se herda e se transmite, mas também não se anula esta possibilidade. Seja como for, a maioria do público investigado admitiu que é algo herdado e transmitido.

Outros – desconhecimento da genética e de sua área de atuação, tanto como conteúdo escolar, como discurso circulante na sociedade e área científica. Por isto a afirmação de Corazza-Nunes et al. (2006) quando afirmam que o conteúdo de genética afasta e amedronta os estudantes quando passam a estudá-la. Os participantes esvaem-se nas respostas ou não respondem, ficando difícil saber se realmente desconhecem o tema de forma geral.

Ciência – a genética é uma área profissional, mas seus protocolos e investimentos impedem de reproduzir experiências na escola (MAYR, 1998; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015) o que seria uma estratégia didática. Esta categoria aponta que tais estudantes conseguem vislumbrar a genética além de um tópico da disciplina curricular Biologia, a veem como uma área científica.

As três categorias apontam que mesmo superficial o discurso da genética chega até a maioria dos investigados no questionário; se os conhecimentos são suficientes para tomadas de decisões somente diante da situação se saberá, mas o que foi extraído aqui não representa de forma estática seu conhecimento, é possível que tenha sido expandido por meio de novos olhares e amadurecimento diante do tema e que se expanda ainda mais ao longo de suas vidas.

* A décima quarta pergunta foi apresentada como uma pergunta semiestruturada: “*Gosta de Biologia? () Sim; () Não. Argumente*”. O objetivo foi conhecer o quão próximo estavam, ou não, da Biologia. A maioria relatou que gosta da disciplina (83,3%, 40/48); enquanto que oito assinalaram que não (16,6%, 08/48).

Apesar de terem a oportunidade de relatar porque gostavam ou não de Biologia, as respostas foram de forma geral relacionadas à aplicação na saúde e para autoconhecimento (ao afirmarem que gostam), enquanto os que afirmaram não gostar justificaram por ser um ensino complicado, com muitos nomes e esquemas (comunicação imagética).

A Biologia ainda possui um ensino em um modelo “livresco”, fragmentado e acrítico para a contemporaneidade, tornando-se ultrapassado com as informações que circulam e as tecnologias hoje presentes, como os *smartphones* e seus aplicativos e redes sociais, mesmo assim, nem todos os indivíduos sabem usar e tem a tecnologia a seu dispor. A escola necessita acompanhar os avanços para ajudar os estudantes em sua autonomia para a construção de seu conhecimento (MATURANA; VARELA, 2011; MATURANA, 2014). Há também a representatividade de ser utilitário o conhecimento de Biologia, como o discutido por Viviani (2007), o que de fato é; pois por meio do conhecimento adquirido é possível fazer as próprias escolhas, distante do senso comum; torna-se assim um processo emancipatório, como por exemplo, diante de uma doença, de um debate na sociedade, entre outras questões.

* A décima quinta pergunta foi: “*Existe, ou não, importância no ensino de Biologia para sua vida? () Sim; () Não. Justifique*”. A maioria respondeu que tal ensino é importante (91,6%, 44/48); apenas dois assinalaram que não veem importância (4,1%, 02/48) e dois não responderam (4,1%, 02/48).

A importância do ensino de Biologia é abordada por Marandino et al. (2005); Mayr (2005); Marandino; Selles e Ferreira (2009) e Selles e Cassab (2012) quando defendem a ideia da autonomia do indivíduo em suas tomadas de decisões. Para isto a apropriação do conhecimento de forma correta é essencial. Contudo, há também seu conhecimento utilitário, como o debatido por Viviani (2007); por exemplo, em discussões sobre vacinas, higiene, alimentos orgânicos ou transgênicos, entre outros exemplos.

* A décima sexta pergunta teve a intenção de conhecer a opinião dos estudantes sobre os nomes da Biologia. Pela prática docente, os estudantes apresentam muita dificuldade em relacionar os termos e nomes com as definições; além de afirmarem que os termos são difíceis. A pergunta objetiva foi: “*Qual sua opinião sobre os nomes e termos que existem na Biologia? Disserte*”. Quando houve a redação de alguma justificativa, os estudantes repetiram os termos das opções dadas, por isso não existem categorias nesta pergunta. Os resultados mostram que dezoito estudantes relataram ter muita dificuldade em lembrar dos nomes e termos (37,5%, 18/48); dezessete marcaram a opção de que a maioria é difícil (35,4%, 17/48); oito responderam que a maioria é fácil (16,6%, 08/48); três afirmaram que decoram os nomes e termos para serem aprovados na matéria (6,2%, 03/48); e dois assinalaram que todos os termos são fáceis (4,1%, 02/48).

Com a exceção de dois, todos afirmaram que têm dificuldades com os nomes e termos da disciplina Biologia, independente do conteúdo abordado. A Biologia quando escolarizada trouxe sua linguagem científica para os livros didáticos. Sem, a ajuda dos professores, dificilmente tal dificuldade de leitura científica será abolida. Os autores Gunel; Hand e McDermott (2009) discutem que a linguagem da ciência precisa ser avaliada pelo professor em seu uso para lecionar, para que a linguagem não se torne um obstáculo ao avanço da educação científica, a questão da linguagem não é exclusivamente um problema brasileiro. Maturana e Varela (2011) e Maturana (2014) também apoiam esta ideia, informando que a linguagem precisa ser ponto de avanço e não de obstáculo para a educação científica. Para isto sugerem o constante uso do professor em sala de aula dos termos, pois os docentes se tornam uma referência para seus educandos. Mora (2017) afirma que os indivíduos aprendem a vida toda, por isso, não é vista como encerrada esta questão, os estudantes/cidadãos podem aprender em outros momentos.

* A décima sétima pergunta foi: “*Onde está a genética? Encontra-se onde na Biologia?*”. A intenção foi apreender o que os estudantes entendiam por genética. Os resultados foram categorizados em: “Outros” com vinte e sete contribuições (56,2%, 27/48);

“Biotecnologia” com dez respostas (21%, 10/48) e “Seres vivos” com onze resultados (23%, 11/48). As categorias seguem no quadro 4.3.7.

Quadro 4.3.7. Registros feitos pelos estudantes informando onde está a genética e onde se encontra na Biologia

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Onde está a genética? Encontra-se onde na Biologia?	Outros Não sei Não respondeu	27	“Essa eu não sei” – E03
			“No sangue? No livro de biologia” – E21
	Seres vivos	11	“Nos seres vivos” – E01
			“No estudo dos seres vivos” – E35
	Biotecnologia DNA	10	“No DNA” – E05
			“Sim. Se encontra na área de biotecnologia” – E28
“Na biotecnologia” – E46			

As três categorias citadas abaixo emergiram da décima sétima questão: “Onde está a genética? Encontra-se onde na Biologia?”:

Outros – diante de tantas perguntas realizadas no decorrer do questionário fica-se sem saber se realmente não sabiam, ou se estavam cansados em responder. Seja como for, a genética ainda se mostra um enigma para uma parcela dos pesquisados, fazendo parte apenas do discurso da disciplina Biologia. Trivelato e Tonidandel (2015) afirmam que embora haja suas especificidades, o conhecimento de genética pode ajudar os cidadãos nas tomadas de decisões em seu dia a dia, além de se tornar uma profissão. Pode, ainda, povoar o imaginário de séries televisivas e notícias jornalísticas.

Seres vivos – a genética é algo relacionado aos organismos vivos e aos acelulares, como os vírus. Contudo, demonstra indecisão e dúvidas em afirmar que a genética é um tema exclusivo do discurso da Biologia dentro das disciplinas escolares. Os autores Williams et al. (2012) discutem esta questão de que o discurso da genética seja presente apenas na escola, e os autores contrariam isto. Os estudantes do Alda relutaram, ou realmente desconheciam a genética à época da aplicação do questionário.

Biotecnologia – provavelmente esta categoria foi o reflexo do ensino do Currículo Mínimo que impõe o ensino de biotecnologia para os estudantes do terceiro ano (é uma dedução da autora desta pesquisa). O DNA compõe a genética, assim como a biotecnologia que aborda sua manipulação. Isto requer um nível de conhecimento mais elaborado para seu entendimento, já que exige abstração dos conceitos ensinados. Brão e Pereira (2015) afirmam que os estudantes têm grandes dificuldades com esta abordagem de manipulação gênica.

As três categorias informam que há uma evidente fragilidade nos conhecimentos de genética, e que os participantes se apegam aquilo que é o mais próximo deles, como foi o caso da biotecnologia que haviam estudado no ano letivo; deixando de rememorar seus outros conceitos e momentos vividos, mesmo que fora do ambiente escolar.

* A décima oitava pergunta foi: “*Qual o tema de Biologia que você mais se interessa em conhecer? Até 05 opções*”. Para os resultados se considerou a primeira opção, pois era pedido que elencassem as respostas. As mais significativas entre as quarenta e oito respostas foram: oito (16,6%, 08/48) para anatomia humana; oito (16,6%, 08/48) para zoologia e sete (14,6%, 07/48) para doenças; e cinco (10,4%, 05/48) optaram pela genética. As demais vinte respostas foram diluídas nas demais opções. O objetivo era conhecer se os estudantes tinham o interesse pela genética, mas sem direcioná-los a tal resposta, por isso tantas opções. Participantes demonstraram maior interesse pela anatomia humana. Zoologia foi uma escolha empatada e talvez pela proximidade. Já a genética foi lembrada por alguns dos participantes. Pozo e Crespo (2009) declararam que a maioria dos jovens não aprende a ciência ensinada, estudando apenas para os períodos avaliativos, após as avaliações, o ‘aprendizado’ é esquecido. O discurso da ciência fica restrito a poucos que a desejam compreender. Logo, o desconhecimento científico também é ponto de exclusão social, pois deixam (os estudantes) de ter suas próprias opiniões e passam a reverberar o senso comum, se for necessária uma declaração. O que foi respondido nesta questão foram os interesses dos estudantes. Seja como for, todos os participantes marcaram alguma área da Biologia que gostavam.

* As questões décima nona, vigésima e vigésima primeira foram analisadas juntas. A décima nona foi: “*Você compreende a linguagem da genética? Os AA, aa e Aa?*”. Vinte e nove não compreendiam (60,4%, 29/48); dez compreendiam (21%, 10/48); oito (16,6%, 08/48) não tinham a menor ideia do que se tratava e um (2,1%, 01/48) não respondeu. Portanto, a maioria não compreendia a linguagem da genética com seus genes. A vigésima pergunta foi: “*Essa linguagem (AA, aa, Aa) fala sobre o quê?*”, embora dissertativa, revelou-se um desconhecimento, não responderam (trata-se de uma linguagem específica da genética que representa os genes). A última foi sobre a Revista Genética na Escola, apenas um estudante (2,1%, 01/48) afirmou ter conhecido a revista, mas não respondeu onde.

Com a análise destas três últimas perguntas se percebe que a linguagem e conteúdos permanecem obscuros para a maioria dos estudantes investigados, o que indica que o ensino livresco não tem alcançado melhorias na educação básica, mesmo havendo a RGE que surgiu em 2006 para otimizar o ensino de genética. Para Maturana (2014) o conhecer humano ocorre necessariamente na linguagem, quando produz descrições e permite reflexões, no entanto, o ensino livresco não permite a ocorrência de reflexões.

O primeiro questionário utilizado para coleta de dados para turmas do terceiro ano do EM de 2015 revelou que a temática era conhecida dentro da comunidade investigada à época da pesquisa. Pode ter havido incoerências e lacunas, mas o discurso da genética e dos conteúdos estruturantes foi do conhecimento dos pesquisados; que foi um resultado diferente quando comparado com os estudantes do primeiro ano. Logo, é possível que o amadurecimento diante da disciplina Biologia e o próprio amadurecimento do jovem tenham contribuído para estes resultados mais animadores, porém são rasos. Os autores Melo e Carmo (2009) defendem a ideia de haver um EM mais preocupado com a integralidade dos conteúdos e que proporcione uma fundamentação entre a teoria e a prática, já que nem todos os indivíduos continuarão estudando; desta forma, o EM deveria ser suficiente para apresentar e contemplar uma educação mais holística do que fragmentada.

4.4 Segundo questionário do terceiro ano do EM

As turmas 3001 e 3002 em 02 de dezembro de 2015 responderam ao segundo questionário (APÊNDICE F). Totalizaram 60 estudantes no dia, de ambos os sexos; como o exposto no quadro 3.2.2.2 (página 107), apenas os 48 estudantes que estiveram nos dois dias de aplicação tiveram seus questionários avaliados. Receberam o código alfanumérico E01-2 a E48-2. Este questionário foi utilizado, pois consta como conteúdo do terceiro ano o tema 'Biotecnologia' no segundo semestre, o desejo era saber se houve, ou não, diferenças após a abordagem da biotecnologia.

A professora-pesquisadora foi a aplicadora neste dia. Percebeu-se primeiro a inquietação dos estudantes em não saber responder as questões de forma segura. Estavam muito preocupados por estarem se formando e inseguros diante das perguntas. Após a aplicação do questionário, cada pergunta foi lida e debatida com a turma.

Apenas uma resposta, a de número sete, foi analisada neste estudo por se considerar os objetivos desta pesquisa, haja vista já ter sido coletado no primeiro questionário e não houve diferenças nas respostas entre o primeiro e o segundo questionário. Perguntou-se "*Existe, ou não existe, relação entre a molécula do DNA (ácido desoxirribonucleico), meiose e genética? a. () Não existe relação; b. () Sim, há relação, mas não lembro; c. () Sim existe e é...*". Os resultados foram: a maioria optou pela resposta que afirma que existe relação, mas não souberam justificar (89,6%, 43/48); três estudantes optaram pela 'a', afirmando que não existe relação (6,2%, 03/48); enquanto que dois estudantes optaram pela terceira (4,1%, 02/48).

As justificativas dos dois estudantes foram: "Na mitose o DNA se divide entre as filhas e na meiose é uma cópia" (E16-2); e "A relação com a genética" (E-19-2). As duas contribuições estão erradas de acordo com Fabrício et al. (2006), já que a meiose permite a

variabilidade genética (as células não são uma cópia, pois há a permutação na prófase I, a subfase paquíteno). Estão relacionadas com a genética, mas de uma forma mais profunda. Em organismos sexuados os gametas são formados por meio da divisão celular meiose, onde se formam quatro células geneticamente diferentes, graças a permutação. Estas células quando fecundadas dão origem a uma prole com ligação hereditária com os parentais, porém não são clones. Como bem relata Fang (2005) a linguagem é um desafio no ensino científico que os estudantes necessitam superar. Os termos mitose e meiose confundem-se o que levou ao erro as duas respostas discursivas dadas pelos estudantes.

A vantagem da reprodução sexual é a variabilidade genética que permite a prole ser geneticamente diferente dos progenitores. Nos livros didáticos de Biologia tais questões são apresentadas, porém em séries distintas, com o hiato pedagógico (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO; 2009) e não permitem uma compreensão.

Os demais resultados não demonstraram um progresso entre o primeiro questionário e o segundo, por isto não foram analisadas aqui. O público investigado permaneceu com as mesmas respostas como analisadas no primeiro questionário, mesmo após terem participado de aulas com o tema biotecnologia.

Os dois questionários para as turmas do terceiro ano do EM do Colégio Alda em 2015 auxiliaram na compreensão dos temas da genética e seus conteúdos estruturantes nos estudantes do Alda. O desejado foi conhecer como os estudantes saíram do colégio em 2015. Assume-se a limitação do objeto de coleta de dados (questionários). Assim, a intenção não é expor os estudantes e sim, conhecer como estava o discurso destas temáticas nas turmas terminais dentro do cenário apresentado no capítulo 3.

4.5 O que fica das categorias de 2015

As estratégias didáticas, somente foram usadas com os estudantes do primeiro ano do EM de 2015, quando utilizadas e problematizadas para o cotidiano dos estudantes apresentam um grande potencial para o processo de ensino e aprendizagem. Não se trata de substituição do papel docente, ao contrário, exige mais atenção e conhecimento para promover o ensino e responder as questões que surgem e não se tornar uma brincadeira, como alerta Kishimoto (2011).

Durante todas as atividades com os estudantes os mesmos participaram com suas perguntas. As dúvidas dos estudantes também são consideradas estratégias já que significam que estão refletindo nas questões apresentadas a eles (VIEIRA; VIEIRA, 2005).

Os estudantes do primeiro ano (38) se mostraram, à época, bastante estimulados em participar do projeto e das estratégias. Por meio da análise do questionário foi possível observar lacunas para o conhecimento em genética e em seus conteúdos estruturantes, o

que pode ter sido sanado por meio de novas experiências escolares e de seu próprio desenvolvimento ao longo dos três anos de convívio com a disciplina Biologia.

Os estudantes do terceiro ano de 2015, nos dois questionários se mostraram confusos acerca dos questionamentos, com um conhecimento considerado superficial.

Nos resultados, as categorias, quando comparadas com a pergunta desta pesquisa (O uso de estratégias didáticas de ensino contribui para a promoção, divulgação e aumenta a percepção dos conteúdos estruturantes e da genética no âmbito escolar?) em conjunto com os objetivos, permitem afirmar que as estratégias se mostram promissoras ao ensino e aprendizagem, ainda mais quando se considera o marco teórico que é a autopoiese e as emoções como colaboradoras do processo educativo.

Acerca das categorias, 'Sangue', 'Família', 'DNA' e 'Outros' categorias significativas ao se englobar, o tema do estudo, o pressuposto, a pergunta, a justificativa, a relevância e os objetivos desta pesquisa (relatados na seção Introdução e na seção 3.3). Há o reconhecimento destes elementos na promoção da genética.

A categoria 'Sangue' é um obstáculo ao ensino de genética. Marandino; Selles e Ferreira (2009) discutem a ideia de que a experimentação didática, mesmo que demonstrativa, apresenta grande potencial para levantar questões e orientar o aprendizado dos estudantes, sendo assim, a extração do DNA da cebola pode ter instruído os participantes, já que a experimentação é um elemento atrativo para a aprendizagem e é base de explicação didática por colocar em xeque as concepções prévias dos estudantes.

A categoria 'Família' permite perceber que é algo herdado e transmitido entre os seus progenitores. 'DNA' considerado um elo entre a genética e a célula, mesmo que ainda seja superficial nas respostas. E 'Outros' revelou a fragilidade na temática abordada na pesquisa, pois categoriza que os estudantes não possuem a compreensão do papel da genética na educação básica e em seus conteúdos estruturantes, pois fogem do tema perguntado (que pode ser má interpretação da pergunta ou desconhecimento do assunto), ou mesmo, deixam de responder.

Na figura 4.5 são apresentadas as categorias mais relevantes levantadas quando questionados sobre a pergunta da pesquisa e seus objetivos deste estudo de caso e discutidas com os referenciais.

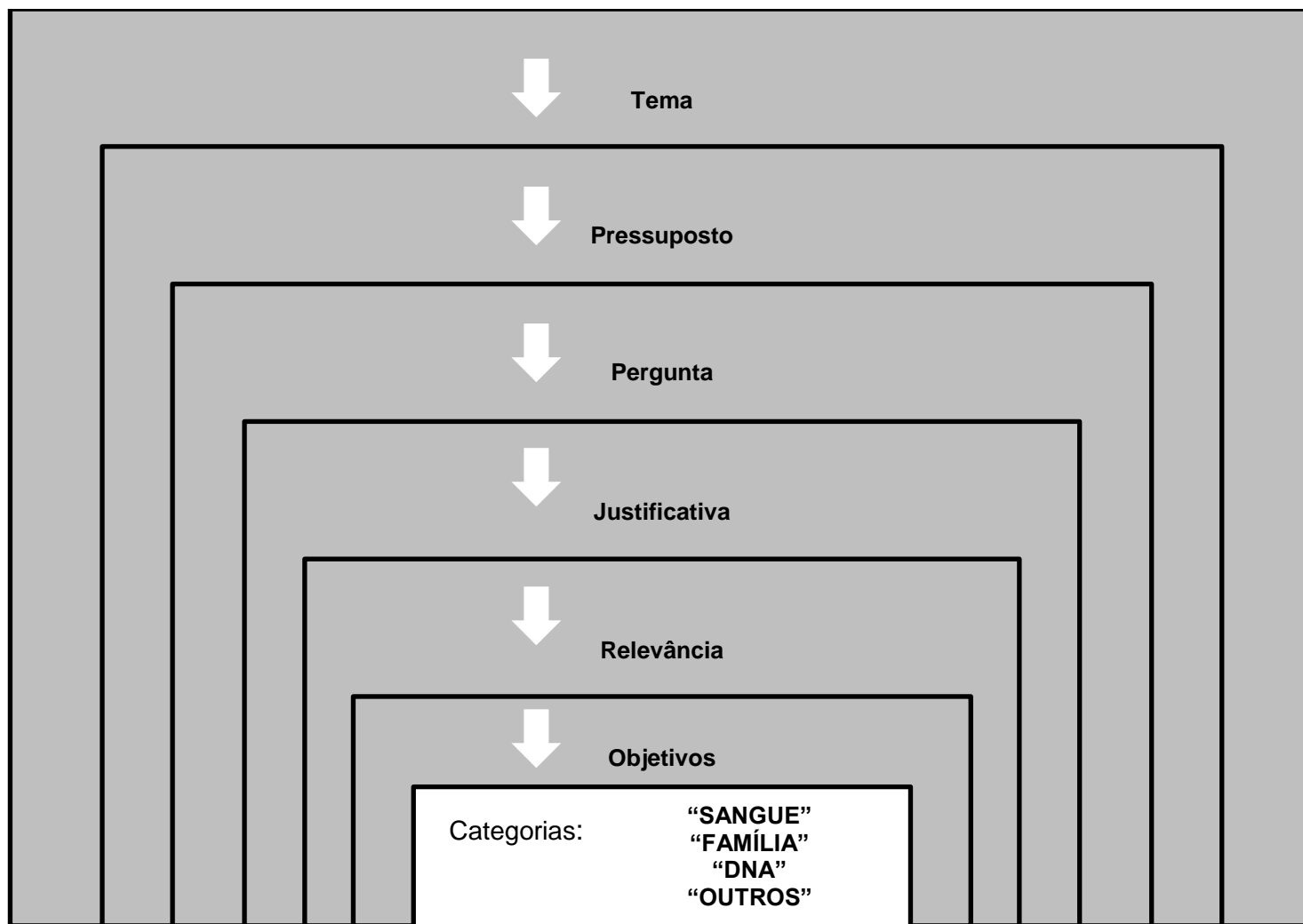


Figura 4.5. As categorias marcantes de 2015

Sangue – categoria expressiva e até aceitável como resposta, haja vista circular nas redes sociais e nos jornais casos onde o sangue é coletado como prova ou mesmo material genético para comparação e exames; é um tecido conjuntivo por apresentar células separadas por grande quantidade de matriz extracelular, o plasma. Porém, este tecido só está presente em alguns grupos de animais, como nos humanos.

A categoria sangue dificulta o avanço da aprendizagem porque a meiose não se encaixa neste tecido (KALAS et al., 2013). Vieira e Vieira (2005) defendem a ideia de ser também uma estratégia didática o questionamento, assim, quando o professor lança questionamentos aos discentes, pode abalar ou não, suas concepções prévias, para que isso ocorra é fundamental ao professor estar preparado para os questionamentos que venham a surgir.

A presença desta categoria indica que alguns participantes da pesquisa consideram o sangue a única substância onde há células, e, portanto, o DNA. A dificuldade em aceitar que há células por todo o organismo, ou mesmo que a célula é um organismo (no caso dos seres unicelulares) pode ser uma representação dos discursos a que têm acesso os estudantes, porém de forma limitada. Quando o professor usa o exemplo humano para lecionar por ser mais próximo ao educando, torna-se um recurso didático que pode trazer esta limitação na compreensão dos estudantes; ao dar um teor antropocêntrico à Biologia.

Como afirma De Oca (1995), os estudantes precisam ser confrontados para as resoluções de problemas. Sangue é um consciente coletivo no Colégio Alda, mas quando arguidos, os próprios conseguem compreender que não é possível que a genética esteja limitada ao sangue. Infelizmente, os estudantes do terceiro ano, não tiveram esta experiência com posteriores discussões.

Família – os participantes compreendem por meio desta categoria que genética é algo que se herda e se transmite em seu meio; logo, a família também é uma categoria expressiva dentro do que é pesquisado no estudo. Permanecem com o imaginário de que apenas os humanos a constituem; não questionam os ‘casamentos consanguíneos’, por exemplo, entre os animais. As doenças também são relatadas nesta categoria quando deixam claro em seus depoimentos que há doenças que são comuns a uma família e não em outra, deixando deduzir que mesmo de forma superficial compreendem as ligações da hereditariedade.

A história da genética e de seus conteúdos estruturantes como no quadro 2.4.1 quando é apresentada a cronologia da genética, torna-se também importante ponto de questionamentos para o avanço do ensino da ciência da hereditariedade, uma vez que desperta o interesse pelo tema apresentado e como a ciência tem progredido (PORRAS; OLIVÁN, 2013).

Para as autoras Prestes e Martins (2016) discutir a história desta ciência no EM é um elemento que enriquece o ensino. Essencial haver a formação do docente para esta abordagem e atenção para esclarecer o papel das ervilhas de Mendel, elas eram apenas um modelo experimental, assim como foram as moscas *Drosophila* para Thomas Hunt Morgan como relatado na seção 2.2.

DNA – a molécula do ácido desoxirribonucleico é a ligação física da genética; é o que se herda e se transmite aos descendentes. Os participantes o reconhecem como objeto de estudo da genética, mas dá uma interpretação antropocêntrica, quando relatam o sangue, a pele, o dedo, o estômago, entre outros exemplos, como se esta molécula estivesse presente apenas nos humanos.

A problematização desta resposta causa inquietações nos estudantes e os incita à autopoiese, como Maturana defende. Expandir esta categoria para além dos humanos é que é o desafio. A Biologia é um campo de conhecimento que engloba todos os seres vivos; diferente do que ocorre com a Sociologia e a Filosofia, disciplinas que os estudantes também têm a partir do primeiro ano do EM e que tem como objeto de estudo, única e exclusivamente os humanos; percebe-se pela prática docente que os estudantes apresentam um pouco de resistência em aceitar que a Biologia não seja uma ciência que trata apenas da espécie humana.

Mayr (1998) advoga que a genética é uma liga entre toda a Biologia, e se tal liga de fato acontece, ela ocorre por conta da presença do DNA em todos os seres vivos, o que permite ir para outros campos da Biologia, como a evolução, a botânica, a ecologia, entre tantos outros.

Outros – categoria evasiva já que os estudantes fogem da pergunta, não respondem, relatam não saber. Com esta categoria fica-se sem saber o que os estudantes conheciam ou não da temática abordada. É a limitação dos questionários que não traz muitas contribuições para a pesquisa. Contudo, não é o desejado expor os estudantes, mas atentar para a ocorrência deste resultado.

Por outro lado, esta categoria também apresenta o que os autores discutem, que o ensino da Biologia é livresco, descritivo e memorístico, pouco oportunizando a aprendizagem (AYUSO; BANET, 2002; BONADIO; PAIVA; KLATAU-GUIMARÃES, 2015; REIS; SILVA; BORGES, 2016).

No ano letivo de 2015 as quatro categorias que se expressaram foram estas (Sangue, Família, DNA e Outros); demonstraram lacunas no ensino dos temas biológicos, mas também a compreensão de ser o DNA e a genética relacionados com a hereditariedade (o que se herda e o que se passa), contudo, sem os participantes explicarem o mecanismo.

A falta de explicação dá-se pela ausência dos conteúdos estruturantes da genética e de uma discussão intradisciplinar da própria Biologia, já que na escola aprende-se de forma

cartesiana, separada em séries escolares e estes em bimestres, e assim, por diante. Quem não consegue acompanhar este ritmo que não obedece às singularidades, fica retido, ou entra no placebo pedagógico de Bizzo (2009), quando o estudante decora para passar de séries.

O desejado atualmente pela sociedade do século XXI (na educação biológica) são estudantes que compreendem a cultura científica, como sujeitos ativos, com capacidades de ler, compreender e expressar opiniões críticas sobre a Ciência e a Biologia, e também participar da cultura científica da forma como cada indivíduo achar oportuno (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007).

Melo e Carmo (2009) discutem o papel do EM para os indivíduos que não tem sido apropriado para o mundo atual, com tantas oportunidades, principalmente pela presença da tecnologia e aplicativos; o EM deve ser mais que a busca de um diploma de concluinte.

A tecnologia torna-se um apoio neste processo educativo que tem sido negado, ou subutilizado no espaço escolar (SILVA; RAZERA, 2006; NUNES et al., 2014) por diversas questões, tais como: indisponibilidade de computadores, de internet, resistência dos docentes e até mesmo de *smartphones* entre os educandos. Mesmo assim, não existe o milagre no uso da tecnologia ou de outra estratégia didática, todas precisam ser problematizadas pelo docente para oportunizar a aprendizagem, e mesmo que não haja a aprendizagem no momento das problematizações, são criadas condições para que possa ocorrer futuramente.

4.6 As estratégias didáticas realizadas com turmas do primeiro ano

Nesta seção são analisadas as estratégias didáticas usadas nas turmas do primeiro ano do EM de 2015 do Colégio Alda, com o intuito de promover o ensino de genética e seus conteúdos estruturantes ao público investigado. As estratégias foram realizadas após a aplicação do questionário realizado em 22 de maio de 2015, como relatado na seção 3.2.2. Durante as estratégias didáticas não houve a coleta de dados via questionário ou entrevista. Foi uma escolha, uma vez que romperia com a liberdade vivida e emoções discutidas por Maturana e Varela (2011) e Maturana (2014); sendo interpretado como um contrassenso assumido no quadro teórico deste estudo. Por isso as anotações no caderno de campo após observações das ações enquanto participavam das atividades foram consideradas como resultados analisados nesta seção.

O material didático é um recurso para amparar o trabalho docente, nunca para substituí-lo, mas quando é o estudante que o faz, ele precisa se apropriar dos conceitos, modelar os conceitos científicos em algo concreto: o material didático. Esta modelação faz com que os estudantes façam discussões, pesquisem, interajam e façam uso dos

conhecimentos e linguagem científica para a construção do material didático (DUSO et al. 2013).

Mora (2017) afirma que o ser humano aprende em todas as fases da vida e que novos conhecimentos, e estímulos, podem ajudar ainda mais o processo de aprendizagem, e não a memorização, assim como respeita as necessidades de cada indivíduo. Deste jeito, as estratégias se somam a estes novos conhecimentos que podem gerar aprendizagem.

Reafirma-se que as estratégias didáticas foram somente utilizadas nas turmas do primeiro ano do EM, no período da tarde, porque eram as turmas da professora-pesquisadora. As estratégias didáticas foram todas vividas durante os tempos de aulas da disciplina Biologia (100 minutos semanais). As turmas do terceiro ano do EM, eram no turno da manhã e tinham outros professores de Biologia com os quais a pesquisadora não tinha liberdade para intervir, o que impediu de serem utilizadas as estratégias. Seguem as análises e discussões das estratégias didáticas:

a) Origami. Os estudantes tiveram muitas dificuldades para montar o origami proposto, mesmo tendo como referência dois artigos que descreviam a forma de montá-lo, até que alguns conseguiram o que levou que todos fossem se ajudando e finalizando a atividade. Como nem todos os estudantes fotocopiaram colorido usou-se caneta hidrocor para fazer as marcações coloridas. Houve debates sobre o modelo que oportunizou um prêmio Nobel e desestabilizações na descrença de que aquela molécula, a do DNA, estivesse presente em suas células como o modelo em 3D de Origami. Essa é a dificuldade em abstrair e usar modelos, a modelagem; os modelos precisam ser mediados pelo professor para de fato serem utilizados como estratégia didática e cooperadores ao ato educativo (DUSO et al., 2013). Autoavaliação da ação³⁴: foi uma atividade divertida que despertou o interesse para a temática e de baixo custo.

b) Painel de células. Estratégia planejada para que os estudantes conhecessem e refletissem nos modelos de células, se familiarizassem com os nomes e organelas citoplasmáticas. Ficou exposto na sala até o fim do primeiro semestre, sendo constantemente usado como modelo para explicações nas aulas de Biologia. De acordo com Oliveira e Queiroz (2011) por se tratar de atividades que os estudantes fizeram tem potencial para a aprendizagem, mas precisam ser ressignificadas e questionadas pelos docentes constantemente. Autoavaliação da ação: nem todos os estudantes participaram da confecção, logo, pode ser pedido que cada um faça os seus modelos para que ao menos tenham o contato com os três modelos celulares; poderiam ser realizados no caderno de cada um. E o desenho de 'ovo frito' permaneceu, até que por meio de um vídeo, os estudantes compreenderam, na época, que eram apenas modelos didáticos, não o real.

³⁴ Autoavaliação da pesquisadora ao se observar o desempenho dos participantes no projeto. Considerou-se o caderno de campo.

c) Música ácidos nucleicos. Estratégia usada para os estudantes conhecerem os dois ácidos nucleicos: DNA e o ácido ribonucleico (RNA). É uma música com característica mnemônica, ou seja, para a memorização dos conteúdos. Como a Biologia é acusada de usar muitos termos específicos (FANG, 2005), essa estratégia coopera para a compreensão do tema pelos estudantes, já que causa uma efetivação na aprendizagem, facilitando o aprendizado (SOUSA; TEIXEIRA, 2014). Autoavaliação da ação: considerada divertida e instrutiva pelos estudantes.

d) Extração do DNA da cebola. Aulas práticas e de experimentação são quase inexistentes no colégio Alda, principalmente pela ausência de infraestrutura e recursos. Mesmo assim, esta foi a estratégia que mais motivou os estudantes, o “fazer” mexeu com os estudantes e todos obviamente queriam de fato extrair o DNA. O resultado foi a vivência de um conteúdo abstrato. A experimentação também é colaborativa para a compreensão dos conteúdos como afirmam Oliveira e Trindade (2013). De acordo com Marandino; Selles e Ferreira (2009) a experimentação didática é um atrativo para a aprendizagem e também base de explicação didática, mesmo sendo demonstrativa, pois não há descobertas científicas na experimentação didática, sua intenção não é formar biólogos, mas sim “proporcionar a todos os estudantes vivências culturais criativas por meio das atividades experimentais que os ajudem a fazer relações com os conhecimentos escolares em Biologia” (p. 107). Autoavaliação: os grupos precisam ser menores e a aula precisa de mais tempo para que todos participem das discussões depois, 100 minutos foram corridos, mesmo deixando tudo preparado.

e) Quadriilha da mitose. Conteúdo de divisão celular foi a introdução para o tema meiose, que é um conteúdo para se entender genética. Foi uma estratégia sem nenhum recurso financeiro. Após a aula teórica, os estudantes tiveram um tempo para ensaiar e apresentar a quadriilha. Teve turma que foi mais organizada, mas todos participaram. Autoavaliação: o ideal seria a da meiose, porém a professora-pesquisadora não teve tempo no bimestre para esta atividade. Mesmo assim houve compreensão do papel e importância da divisão celular, pelo menos no momento em 2015. O tempo de aula e para o estudante aprender mais o currículo enciclopédico carecem de discussões para que mais estratégias como estas sejam estimuladas no ambiente escolar. Para Alves (2016) é possível haver a transposição do conteúdo escolar para fora dos muros escolares e auxiliar no convívio social; enquanto que os estudantes ficaram com vergonha de ir para a quadra.

f) Seminário de artigos da RGE. Os temas dos seminários foram todos voltados para a discussão da genética e de seus conteúdos estruturantes, a princípio os estudantes tiveram dificuldades para compreender a linguagem dos artigos. Um artigo no mês de março foi lido com os estudantes para se habituarem ao estilo, mesmo assim, houve reclamações. Por meio desta atividade os estudantes comunicaram com a turma ao explorarem o recurso

da expressão oral da Biologia e assim, informar seus colegas de turma. Como afirma Chassot (2016) permite a transformação das informações escolares em cultura e facilita a alfabetização científica para os estudantes. Enquanto que Salzano (2011) afirma ser de enorme importância a consulta destes artigos, tanto por professores, quanto por estudantes, porque são mais atuais do que os livros didáticos. Autoavaliação: os grupos precisam ser menores e deve haver mais leituras de artigos nas aulas, antes de pedir um para ser apresentado.

g) Filme Gattaca. A narrativa é muito cansativa para os estudantes, mas a cada pausa no filme para discussões os estudantes progrediam no entendimento do enredo do filme. Há uma cena do 'cílio', e todos entenderam a importância dessa parte do corpo. Ajudou na compreensão do DNA como material genético. Os autores Piassi e Pietrocola (2009) afirmam que para se tornarem estratégias didáticas os filmes precisam ser contextualizados e problematizados, requerendo um planejamento em seu uso. Autoavaliação: procurar um filme mais atual ou um documentário, mas é válido haver um recurso audiovisual para cooperar para o ensino e aprendizagem da genética. A questão da ética não foi problematizada neste estudo, mas tem oportunidade de ocorrer.

h) Produção de vídeos no *movie maker*. Motivou a turma a realizarem e da melhor forma possível. Um professor de Sociologia das turmas do colégio Alda também havia pedido um recurso desses, então os estudantes estavam familiarizados com a produção de vídeos, o desafio era mesmo sumarizar o conteúdos nos vídeos. Quando são produtores da estratégia os estudantes são desafiados a salientar aquilo que se destaca em seus conteúdos. É um bom exercício para a aprendizagem (DAURA, 2011). Autoavaliação: mesmo sendo passado em julho para ser entregue em setembro, alguns estudantes deixaram para a última hora, isso é claro, repercute na qualidade do trabalho, e também em erros conceituais. Procurar uma forma de incentivá-los a terem mais responsabilidades com as atividades escolares, também é um desafio do professor do EM, já que não existe apenas a disciplina de Biologia.

i) Feira de Material Didático (FMD). Avaliada como uma boa estratégia didática para estimular os estudantes a questionarem, pesquisarem, terem a autonomia e maturidade, desenvolverem a autopeiose, entre outros fatores. A FMD foi um momento onde os estudantes puderam construir algo (normalmente o professor traz), foram desafiados e se mostraram extremamente criativos quanto as construções dos materiais didáticos; inclusive considerando temas muito abstratos, como as biografias de Charles Darwin, Gregor Mendel e a teoria da evolução das espécies de Charles Darwin. Os estudantes organizaram seus pensamentos para depois explicarem para os professores e demais colegas. A feira foi a elaboração de uma coleção didática com curta duração, cuja utilização foi voltada para o ensino (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Percebeu-se que além de facilitadores, os modelos produzidos pelos estudantes na FMD agem como uma substituição a laboratórios e proporcionam diálogos entre o conhecimento abstrato (vocabulário, aulas usando o livro didático), o conhecimento teórico e a possibilidade de representá-lo por meio dos modelos concretos, demonstrou uma negociação de significados na área biológica (GOBORA; VINHOLI Jr., 2016).

Como apontam Vestena; Loreto e Sepel, “a busca e organização das informações estimularam o uso dos conceitos teóricos recebidos em sala de aula e permitiram o exercício de habilidades necessárias para a pesquisa em ciência” (2015, p. 01) e o desenvolvimento da mesma, pois os estudantes observaram, argumentaram, explicaram, realizaram estratégias que cooperaram para o desenvolvimento da aprendizagem.

Na FMD os estudantes puderam se apropriar do conhecimento para explicá-los usando a linguagem. Maturana (2014) relata que tal ação mexe com a cognição dos indivíduos permitindo o conhecimento e a aprendizagem.

Os estudantes quando estimulados propõem-se à uma reformulação da experiência com elementos dos estudos, o que pode permitir a aprendizagem. Para explicar os conteúdos os jovens precisaram refletir e usar a linguagem para a comunicação. Maturana (2014) afirma que a linguagem permite a reflexão, pois põem em ordem os pensamentos e coopera no desenvolvimento dos falantes.

Os estudantes para explicarem os conteúdos apresentaram reformulações de experiências aceitas pelos avaliadores, vivendo novas experiências ao se comunicar com os avaliadores. Para Maturana “uma explicação científica somente diz o que acontece, em uma parte específica do domínio de experiências do observador, se ela satisfizer as condições operacionais do critério de validação das explicações científicas” (2014, p. 145). Ainda com o marco teórico sobre o efeito dos estudantes terem explicado e terem sido avaliados pelos seus professores, o autor afirma que:

ao escutarmos alguém, o que ouvimos é um acontecer interno a nós, e não o que o outro diz, embora o que ouvimos seja desencadeado por ele ou ela. Não há dúvida de que gostaríamos que o outro ouvisse o que dizemos, mas isso não acontece, a menos que venhamos interagindo recursivamente um com outro por um período suficientemente longo para nos tornarmos estruturalmente congruentes, resultando em sermos capazes de comportamento coerente no conversar um com o outro. Quando isso acontece, dizemos que compreendemos um ao outro (MATURANA, 2014, p. 188-189).

Cada indivíduo interpreta de acordo com suas experiências, mas são cooperativas para o processo de ensino e aprendizagem. Nesta estratégia didática os professores podiam questionar os estudantes, o que permitiu aos estudantes ordenar seus pensamentos e conhecimentos.

Autoavaliação: mais professores para avaliarem os grupos, pois foram poucos para tantos grupos e explicações, os professores se mostraram extremamente participativos e

questionadores com os estudantes a com as estratégias por eles avaliadas, assim como a direção do colégio Alda. A FMD foi uma estratégia que permitiu maximizar os conhecimentos dos estudantes, como salientado por Gobora e Vinholi Jr. (2016) ao avaliarem o uso de modelos didáticos como ferramentas eficazes ao aprendizado, pois:

propiciam reflexões sobre as diversas formas de desenvolvimento e representações das temáticas envolvidas, demonstradas, sobretudo, pela relevância de dois aspectos ímpares para a assimilação dos conteúdos: a busca pela observação e abordagem da pesquisa em ambiente externo ao espaço escolar e a própria abordagem prática no ensino de Biologia, que teria uma eficácia ideal e objetiva com o uso de laboratórios bem equipados. Assim, diante da ausência de equipamentos custosos no lócus de ensino, característica das escolas públicas brasileiras, a utilização de modelos didáticos possibilitou uma maior interação entre os alunos, além de facilitar o processo de ensino e aprendizagem (GOBORA; VINHOLI Jr., 2016, p. 466).

Diante deste cenário, as estratégias didáticas utilizadas nesta pesquisa foram de grande valia para potencializar e promover o ensino dos conteúdos estruturantes da genética, como os relatados no quadro 2.5.

Vieira e Vieira (2005) afirmam que cada professor-pesquisador pode criar novas estratégias ou selecionar e adaptar a sua realidade, mas se o que pretende é o ensino de algum conteúdo e este seja mais efetivo, deve-se preocupar-se com estratégias que proporcionem: ativa participação dos estudantes; elevado grau de realidade ou concretização; e estimulação de um maior interesse pessoal dos estudantes.

A participação ativa dos estudantes precisa envolvê-los na discussão, logo, precisam ser motivadoras aos participantes, estes não podem ser passivos diante do objeto de aprendizagem. Alcançado este objetivo, as estratégias, ajudam no desenvolvimento de competências comunicativas e sociais. Para a teoria da autopoiese são elementos constitutivos para a autonomia dos indivíduos/cidadãos.

A aprendizagem é um processo individual, as estratégias apresentam este potencial, de ensino e aprendizagem, contudo, não se deseja afirmar que seu uso com planejamento irá causar a aprendizagem, mesmo assim, são estratégias que colaboram para a aquisição da aprendizagem, ou que a mesma possa ocorrer futuramente quando os indivíduos viverem outras situações.

As nove estratégias didáticas foram incluídas nas categorias usadas por Vieira e Vieira (2005) sendo assim classificadas conforme descrito na sessão 2.5 e rerepresentadas no quadro 4.6.

QUADRO 4.6. Categorias das estratégias didáticas

Categorias	Definição	Estratégias didáticas	
		Papel dos professores e estudantes	Estratégias deste estudo
Abstrações da realidade	Os estudantes aguardam dos professores, livros didáticos, ou outros, o que deve ser feito.	Unilateral, com professores prescrevendo o que deve ser feito pelos estudantes.	Música ácidos nucleicos
			Filme Gattaca
Simulações da realidade	Trocas de ideias com a participação de todos. Estudantes ativos e participativos. Professor como promotor dos conteúdos.	Bilateral com estudantes participativos.	Origami
			Painel de células
			Extração do DNA da cebola
			Quadrilha da mitose
			Seminários
Situações da vida real	Participação ativa dos estudantes para a promoção da aprendizagem.	Bilateral com estudantes proativos, protagonistas e emancipados.	Produção de vídeos
			FMD

Fonte: elaboração própria baseada nas ideias de Vieira e Vieira (2005).

As estratégias didáticas podem ser interpretadas como formas de confrontar os estudantes com suas concepções prévias, quando ao perceberem que seus conhecimentos não se sustentam diante dos conflitos e problematizações advindas de novos conhecimentos; desta forma os estudantes se viram obrigados a buscarem novas informações que podem, ou não, gerar, novas aprendizagens e, assim contribuir para a construção de concepções cientificamente aceitas (BELMIRO; BARROS, 2017). Contudo, suas concepções podem permanecer, a escola não tem esse poder e nem a pretensão de uniformizar o ensino e a aprendizagem a todos, seria uma utopia.

Não cabe ao presente estudo afirmar se houve ou não a aprendizagem de conteúdos por conta das estratégias didáticas, há indícios de aprendizagem; o que se pretende é mostrar que é possível realizar modificações ao ensino livresco e dentro do horário das aulas. A proposta deste estudo são as estratégias didáticas como colaboradoras ao ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes. Por conta das características peculiares da Biologia, as estratégias tornam-se um eficaz aliado ao processo educativo, somando-se a este. Não substituem o papel docente, mas dinamizam as aulas e ofertam um ambiente mais livre do “caderno-livro-quadro” (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

Para Brão e Pereira (2015) por meio das estratégias, as informações (conteúdos) circulam sem a necessidade do rigor de uma aula tradicional, sem demonizar esta última, apenas com o intuito de expandir e diversificar a didática de dar aula. Rodrigues (2012) afirma que as estratégias possibilitam a visualidade dos conteúdos e conceitos abstratos, o que permite abranger o ensino a todos, uma vez que se assume que nem todos os

estudantes aprendem da mesma forma e ao mesmo tempo. A diversidade nas estratégias abarca as singularidades estudantis.

Desta forma as estratégias estimulam o desenvolvimento das habilidades atualmente desejadas pelos indivíduos/cidadãos, dentre elas: a proatividade, o protagonismo, o trabalho em grupo, a desenvoltura em falar em público, a leitura, a escrita, entre outras, ao mesmo tempo em que há a transmissão dos conhecimentos (MATURANA, 2014).

Kishimoto (2011) alerta para que as estratégias envolvam todos os presentes, os estudantes não podem ficar ociosos, isto gera indisciplina e sugere que tenha ocorrido por conta das estratégias, quando de fato são de vários elementos, como a falta de planejamento em seu uso. A este respeito Vieira e Vieira trazem como colaboração a afirmação de que “não existe uma estratégia que possa considerar-se como a melhor ou a única. Efetivamente não há uma estratégia que tenha êxito com todos os alunos e para todas as competências” (VIEIRA; VIEIRA, 2005, p.128), sendo sua diversidade oportuna por conta das singularidades existentes em uma sala de aula.

Somando-se a Knippels; Waarlo e Boersma (2005); Vieira e Vieira (2005); Maturana e Varela (2011) e Chassot (2016) as estratégias didáticas tornam-se um instrumento valioso para o desenvolvimento dos educandos, no exercício de sua cidadania, na compreensão da genética e de sua linguagem (“alfabetização genética”), assim como de seus conteúdos estruturantes. Não é uma brincadeira sem planejamento (KISHIMOTO, 2011). Favorecem a aprendizagem justamente pelo ambiente livre, emotivo e sem as avaliações somativas e classificatórias que o ensino unicamente tradicional ainda valoriza. O indivíduo/cidadão do século XXI apresenta outras necessidades para serem desenvolvidas pela escola, que não apenas a transmissão e recepção de conhecimentos. Como afirma Mora (2017) o aprender é intrínseco a essência humana.

4.7 Questionários dos professores avaliadores da FMD

No dia 02 de dezembro de 2015, sete professores com formações diversas; após avaliarem a FMD responderam um questionário (APÊNDICE H). No quadro 4.7.1 os sete professores são apresentados em numeração crescente; a mesma numeração se repete nos seguintes quadros.

Este questionário teve como finalidade conhecer como os professores avaliadores da FMD lidaram com as estratégias utilizadas pelos estudantes por eles avaliados, além de causar nos mesmos reflexões para que pudessem ver na FMD uma oportunidade de novas experiências em suas turmas; já que o conhecimento dos professores afeta diretamente suas práticas de questionamento, problematizações e ressignificações, uma vez que os professores poderiam arguir os estudantes acerca de seus temas. Isto posto, o currículo

escolar se abriu para novos espaços de aprendizagem. A análise das respostas dos professores foi realizada por meio de uma análise interpretativa de suas respostas.

Quadro 4.7.1. Os professores avaliadores da FMD

Professor	Formação e leciona no Alda a disciplina	Anos de magistério
01	Química	07 anos
02	Língua Portuguesa e leciona Espanhol	06 anos
03	Matemática	10 anos
04	Língua Portuguesa	09 anos
05	Língua Portuguesa	25 anos
06	Biologia, mas lecionava Física no Alda ³⁵	10 anos
07	Química	06 anos

A seguir as perguntas com as respostas dos sete professores:

* A primeira pergunta foi: “Durante a explicação do tema, os alunos se apropriaram corretamente dos termos científicos da Biologia? Ou se mostraram confusos?”. No quadro 4.7.2, seguem as respostas:

Quadro 4.7.2. Os termos científicos da Biologia e a apropriação dos mesmos pelos estudantes Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta	Professor	Respostas	Análise
“Durante a explicação do tema, os alunos se apropriaram corretamente dos termos científicos da Biologia? Ou se mostraram confusos?”	01	Sim, a maioria se demonstrou bem interessados e suas explicações foram bem detalhadas.	Para este docente os estudantes se empenharam na FMD.
	02	A maioria se mostrou confusa.	Estudantes apreensivos e amedrontados com a exposição
	03	Não. Confuso por conta de palavras difíceis na Biologia e nervosismo.	Reconhecimento da linguagem difícil da Biologia e para explicar um conteúdo, torna-se necessário vários conteúdos biológicos.
	04	Alguns ficaram muito confusos, porém os que conseguiram fazer a comparação com radicais gregos e latinos estudados em Português se saíram melhores.	Docente chama a atenção para a linguagem da Biologia que se torna um complicador para os jovens. Já antecipa uma possível interdisciplinaridade.
	05	Sim. A maioria se mostraram confusos.	Estudantes inseguros diante dos conteúdos.
	06	Sim. Apropriaram-se o máximo que puderam dos termos científicos da Biologia.	Para este docente, os estudantes se esforçaram em compreender a linguagem.
	07	Alguns alunos se apropriaram dos termos científicos, mas ao perguntar se mostraram confusos.	Relato de que ao se exporem, os estudantes conseguiam; mas quando interpelados, mostraram-se confusos. Provavelmente decoraram as falas.

³⁵ Este professor fez a chamada hora extra na SEEDUC-RJ, a Gratificação por Lotação Prioritária (GLP), sua matrícula está em outra escola. No Alda lecionou apenas Física. Ficou no Alda apenas no ano de 2015.

A linguagem da Biologia é apontada como um empecilho a sua aprendizagem, por enquanto sem solução, os termos são distantes da cultura dos estudantes. A linguagem materna é diferente da linguagem científica requerida na explicação da FMD (GUNEL; HAND; McDERMOTT, 2009). E torna-se uma dificuldade para os estudantes progredirem em seus estudos, como apontam Fang (2005); Thörne; Gericke e Hagberg (2013).

Uma questão a ser levada em consideração foi o nervosismo dos estudantes, eles nunca tinham vivenciado uma experiência como esta em se expor para outros professores. Talvez o nervosismo tenha colaborado para o inadequado uso dos termos científicos.

* A segunda pergunta foi: “*Você considera, ou não considera, que o material didático foi eficaz para o ensino e aprendizagem dos alunos? Comente*”. O desejo era conhecer como os demais professores avaliaram o uso do material didático como recurso ao ensino e aprendizagem de conteúdos. No quadro 4.7.3 seguem as respostas:

Quadro 4.7.3. Eficácia para o ensino do material didático na FMD

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta	Professor	Respostas	Análise
“ <i>Você considera, ou não considera, que o material didático foi eficaz para o ensino e aprendizagem dos alunos? Comente</i> ”	01	Considero eficaz por demonstrar ao aluno a estrutura celular.	Avaliada como positiva pelo docente.
	02	O material didático teve sua eficácia para a explicação, mas para o aprendizado, nem tanto.	Para o docente ajustes são necessários para que de fato ocorra aprendizagem. Talvez se fossem mais comuns na cultura escolar.
	03	Sim. Reproduziram detalhes.	Os detalhes demonstram o investimento intelectual dos estudantes para a realização da FMD.
	04	Acredito que sim, pois a maioria usou o livro para prepararem suas maquetes.	O livro didático como apoio na confecção da FMD foi lembrada por este docente. O livro é o único recurso presente de fato no colégio Alda.
	05	Alguns grupos sim apresentaram com ótima desenvoltura, outros com dificuldade.	Nem todos os estudantes gostaram e se dedicaram a FMD como o desejado.
	06	Considero bastante eficaz. Como uso de materiais, como os que foram usados, a garantia do desenvolvimento do ensino e aprendizagem é bem melhor.	Docente considera o material didático um cooperador ao processo de ensino e aprendizagem.
	07	A maioria dos materiais didáticos foi eficaz. Porém, alguns alunos não se apropriaram do MD durante a explicação.	Docente chama a atenção para o que foi pedido pela professora-pesquisadora. Os estudantes deveriam explicar os conteúdos usando o material didático como apoio.

A maioria dos docentes considerou que o material didático foi oportuno para o processo de ensino e aprendizagem, porém chamaram a atenção para a pouca visibilidade que os estudantes deram ao material em suas explicações. Contudo, podem ser considerados uma transposição didática para temas tão abstratos, como aponta Williams et al. (2012).

Os materiais didáticos construídos pelos estudantes foi uma experiência que pode ter influenciado na aprendizagem de modo único em cada participante, já que tiveram que pesquisar para a construção do material didático.

* A terceira pergunta foi: *“Os estudantes do primeiro ano do ensino médio estão tendo, em 2015, pela primeira vez a disciplina Biologia, que contém muitos conteúdos abstratos, nomenclatura específica, privilegiando a memorização. Você considera que a FMD foi uma estratégia didática para abordar diversos temas da Biologia, ou não? Comente”*. A pergunta intencionou a reflexão dos professores acerca do ensino de Biologia, com temas complexos e abstratos e se colocando no lugar dos estudantes do primeiro ano. No quadro 4.7.4 seguem as respostas.

Quadro 4.7.4. Opinião dos docentes acerca da FMD

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta	Professor	Respostas	Análise
<p>“Os estudantes do primeiro ano do ensino médio estão tendo, em 2015, pela primeira vez a disciplina Biologia, que contém muitos conteúdos abstratos, nomenclatura específica, privilegiando a memorização. Você considera que a FMD foi uma estratégia didática para abordar diversos temas da Biologia, ou não? Comente.”</p>	01	Sim. A abordagem é eficaz, pois para o aluno levar o material visual além da imaginação ajuda no desenvolvimento do pensamento construtivo da matéria.	Docente reconhece o papel importante da materialização de conceitos abstratos para os estudantes.
	02	Sim, pois passaram da teoria para o concreto.	O concreto sendo lembrando como oportuno ao ensino e aprendizagem de conceitos abstratos.
	03	Sim, pois tiveram que criar maquetes, estudar os conteúdos, e foi diversificado o entendimento.	Docente lembrou que houve esforço pelos estudantes na participação da FMD e na confecção dos materiais.
	04	Sim, pois dessa forma o aluno assimila os desenhos e seus nomes nos lugares corretos, assim terão mais facilidade ao fazerem uma prova.	Para este docente o material didático concretiza os conteúdos e servem como estudo para as avaliações.
	05	Sim, pois passaram da teoria para o concreto.	Concreto como oportuno para o entendimento dos conteúdos de Biologia.
	06	Sim, como citei a FMD estimula mais os alunos a despertarem o interesse pela disciplina, funcionando como uma valiosa estratégia pedagógica, facilitando a memorização.	Ainda o predomínio do ensino memorístico para que os estudantes sejam aprovados nas disciplinas. O material didático auxilia nesta tarefa.
	07	Considero que sim. Ajuda muito na memorização e assimilação do conteúdo.	Valorização da memorização dos conteúdos.

O ensino de Biologia valoriza a memorização dos conteúdos, por isso ser considerado um ensino que privilegia a descrição, abstração e memorização dos conteúdos pelos estudantes, porém nem todos os discentes apresentam as mesmas experiências para acompanhar as explicações dos professores, assim, os materiais didáticos, os modelos, o lúdico, se tornam uma alternativa unicamente a memorização dos conteúdos (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009). A FMD foi uma forma de motivar os estudantes a apreender os conteúdos da Biologia, em oposição à memorização, mas esta ainda é presente no colégio Alda (GOUW; MOTA; BIZZO, 2013).

* A questão de número quatro avaliada foi: “Por meio da FMD, você professor, consegue fazer alguma aproximação com a sua disciplina?”. No quadro 4.7.5 seguem as respostas:

Quadro 4.7.5. A FMD de forma interdisciplinar: a visão dos professoresObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta	Professor / disciplina	Respostas	Análise
“Por meio da FMD, você professor, consegue fazer alguma aproximação com a sua disciplina?”	01 Química	Sim, muitos principalmente pela interação das ciências da natureza.	Para este professor é mais simples perceber a aproximação, pois pertence ao eixo “Ciências Naturais”.
	02 Português	Não.	Não conseguiu ver nenhuma aproximação com sua disciplina.
	03 Matemática	Não.	Não conseguiu ver nenhuma aproximação com sua disciplina.
	04 Português	Sim, como já comentei acima, há a questão dos radicais estudados, a importância da dicção formal durante a exposição (seminário), o português culto nos cartazes, etc.	Este docente percebeu a linguagem para cooperar em sua disciplina.
	05 Português	Não.	Não conseguiu ver nenhuma aproximação com sua disciplina.
	06 Biologia	É claro que sim! Por meio da construção de esquemas desenvolvidos por eles, sob orientação do professor, é fácil notarmos um interesse bem maior pela disciplina.	Docente defende a ideia de que haja plenas condições de ocorrer a interdisciplinaridade, porém, é um docente do eixo “Ciências Naturais”.
	07 Química	Durante as explicações fiz algumas pontes com a minha disciplina e tentei linkar para os alunos.	Docente não só concorda como ainda fez, durante a FMD, suas colocações com sua disciplina. Este docente também pertence ao eixo “Ciências Naturais”.

Três afirmaram não ser possível fazer nenhuma ligação com suas disciplinas, enquanto que quatro afirmaram ser possível. Apenas o professor de número 04 que não tem formação em Ciências da Natureza, afirmou ser possível, usando para sua disciplina os prefixos e sufixos comuns no ensino da Língua Portuguesa.

A transversalização dos conteúdos não é uma tarefa fácil, pois requer dos docentes mexer em sua estrutura curricular, o que nem todos estão dispostos. Afirma-se que os professores são fundamentais para a melhoria da educação como afirmam autores (ARROYO, 2011; BOTIA; BOLÍVAR-RUANO, 2012; GOLDBACH et al., 2013). Logo, investir na educação continuada dos docentes e haver políticas públicas para que os mesmos a façam e necessita ser debatida para que a Licenciatura possa atrair novos profissionais e

haja iniciativas nas práticas da escola. Tal despertar pode ocorrer na própria escola, tendo os professores como inspiradores e com discurso e prática interdisciplinar.

* A quinta pergunta foi: “Qual sua avaliação geral da FMD?”, com a intenção de conhecer o olhar do outro sobre a estratégia didática FMD. No quadro 4.7.6 seguem as respostas:

Quadro 4.7.6. Avaliação da FMD pelos professores avaliadores

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta	Professor	Respostas	Análise
“Qual sua avaliação geral da FMD”	01	Muito proveitosa no geral com aproveitamento total em futuros estudos.	Docente percebeu que os estudantes ainda são imaturos em suas responsabilidades, porém a FMD colaborou no desenvolvimento dos estudantes.
	02	Muito importante para incentivar a prática da pesquisa.	Docente chamou a atenção para o papel da pesquisa, uma vez que para os estudantes confeccionarem seus materiais, precisaram estudar e pesquisar os conteúdos.
	03	Muito importante, pois avalia para várias disciplinas e os motiva mais para criar.	Docente realçou que a FMD também foi usada por outros professores em suas avaliações, sendo, portanto um incentivo para os estudantes.
	04	Excelente, espero que se repita em outros anos e que os alunos consigam fazer com mais empenho o trabalho.	A proatividade dos estudantes os ajudam no desenvolvimento, mas ajustes são necessários.
	05	Muito importante para avaliação de outras disciplinas e incentivou outras pesquisas.	Resposta parecida com o professor 03. O papel da pesquisa foi lembrando.
	06	Muito boa! Estratégias pedagógicas como essa poderia ser trabalhada bimestralmente e até mesmo de forma interdisciplinar.	Docente chama a atenção para os estudantes terem um papel mais ativo no ato pedagógico. Por meio da FMD se empenharam e pesquisaram. Desta forma possibilita novas aprendizagens e discussões.
	07	O material didático foi promissor ao ensino de Biologia, podendo aproximar outras disciplinas como Química e Matemática.	A FMD pode ser usada de forma interdisciplinar.

Nas sentenças dos professores avaliadores, a FMD parece ser promissora e com aberturas para novas estratégias que coloquem os estudantes em um papel ativo e emancipatório. O fato dos estudantes serem protagonistas e avaliados pelos professores criou nos mesmos a responsabilidade em fazer um material didático adequado para sua

exibição e explicação, isto intui que pesquisaram e elaboraram a melhor forma de apresentá-lo.

Na teoria da autopeiose o professor tem um importante papel no ensino formal, mas sem serem cátedras como o relatados por Cassab et al. (2012). Para ocorrer a aprendizagem precisa haver a liberdade e emoções; sem o medo das avaliações onde o estudante decora para ser aprovado nas séries escolares (POZO; CRESPO, 2009; KRASILCHIK, 2011). Assim, com o relato dos professores, a FMD foi uma adequada estratégia didática para os estudantes.

Por um lado na análise dos sete questionários percebeu-se que a FMD poderia ser melhor, com mais dedicação dos estudantes, mas por outro lado, foi a primeira experiência destes estudantes com algo do tipo. Estavam nervosos, ansiosos e nem todos se dedicaram como o planejado. De acordo com a autopeiose, a liberdade também traz este ônus, nem todos fizeram o desejado, mas compartilharam experiências para o amadurecimento e para outros eventos.

A interdisciplinaridade ainda é um obstáculo no colégio Alda, aja vista a dificuldade dos professores, que não são do eixo “Ciências Naturais” tiveram em relatar seu uso. A estrutura da SEEDUC-RJ impede que muitas vezes isso ocorra, por conta das avaliações e cumprimento do Currículo Mínimo. É um desafio que cada docente, em particular, se compele ou não, em vencer as barreiras disciplinares.

Os professores são formadores de opinião e vistos como exemplos pelos estudantes, assim, quando os docentes os avaliaram, os estudantes se sentiram valorizados pelos mesmos. Como afirmam Vieira e Vieira “o que é exigível aos professores é que estes não se limitem a fornecer informação aos alunos, mas leva-os a pensar criticamente” (VIEIRA; VIEIRA, 2005, p. 93). Sendo pensamento crítico apontado como uma atividade prática reflexiva com uma crença ou uma ação sensata que coopera para o desenvolvimento intelectual, proativo e emancipatório dos estudantes.

Sacristán (2013) alerta para a formação inicial dos professores que causa impacto direto em suas práticas e em suas concepções. Os que não vivenciam em sua formação experiências como estas, se sentem pouco a vontade com as estratégias.

A FMD teve este potencial, mas o mesmo vai sendo alcançado de acordo com novos desafios postos aos estudantes. Não foi o fim, mas o começo de seu desenvolvimento com a genética e seus conteúdos estruturantes.

Para os professores-avaliadores a FMD teve como resultado indícios de aprendizagem e de experiências que podem ter colaborado para a compreensão dos temas abordados, sendo uma eficaz e colaborativa experiência interdisciplinar.

4.8 O encontro de 2017 com estudantes do terceiro ano

Ocorrido em agosto de 2017 com duas datas para o comparecimento, vinte estudantes do terceiro ano participaram (estes participantes foram estudantes das turmas 1008 e 1009 em 2015). Foi escolhido um questionário discursivo para que os estudantes deixassem suas impressões sobre as estratégias didáticas e temas relacionados à genética e seus conteúdos estruturantes (APÊNDICE I).

Impressões deste encontro antes do início das análises se tornam necessárias, a saber: alguns estudantes ficaram sem professor de Biologia no ano letivo de 2017, sendo turmas terminais deveriam ter todas as disciplinas. A professora-pesquisadora continuou lecionando no Colégio Alda no horário da tarde, o que impossibilitava o encontro com os estudantes do terceiro ano da manhã. Os que compareceram ao chamado em agosto de 2017 foram extremamente gentis e atenciosos com a professora-pesquisadora, e ao ser lido o questionário junto com os mesmos, eles manifestavam o sentimento de saudade daqueles momentos vividos.

A dinâmica deste questionário foi fazê-los lembrar das estratégias vividas e o instrumento foi o questionário que permitiu uma reflexão aos temas deste estudo, embora seja reconhecido o limite deste instrumento de coleta de dados. As categorias foram criadas de acordo com Bardin (2011) e Franco (2012) como já mencionado na seção 3.3. Portanto, todas as perguntas acerca das estratégias objetivavam a reflexão das estratégias pelos estudantes, e que escrevessem aquilo de marcante acerca delas.

A respeito das perguntas sobre as estratégias, a categoria 'Não me lembro' foi expressiva, o que pode significar que o estudante de fato não se lembrava, ou não queria escrever sobre o assunto. A categoria 'Outros' permanece com o mesmo sentido, ou o estudante deixou de responder, ou se esquivou da pergunta, mas neste questionário também está incluso em 'Outros' quando o estudante faltou aula e não participou da estratégia.

Os estudantes receberam um código alfanumérico de 01 a 20 de acordo com a ordem alfabética de seus nomes, antecedido por "E" de estudante. A seguir seguem as análises e discussões do questionário de 2017.

* A primeira pergunta foi: "*Escreva sobre a estratégia didática 'Origami'*". Foram três categorias, a saber: 'Lúdico' (55%, 11/20); 'Não lembro' (35%, 07/20) e 'Outros' (10%, 02/20); no quadro 4.8.1 seguem as categorias.

Quadro 4.8.1. Percepção acerca do Origami como estratégia de ensinoObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática "Origami"	Lúdico	11	"Um trabalho diferente e divertido" – E01
			"Eu lembro que foi o trabalho legal de se fazer e que foi divertido também" – E03
			"Interessante" – E16
	Não lembro	07	"Não me recordo" – E02
			"Não me lembro" – E17
	Outros	02	"Não estudava na escola, então não vi" – E11

As três categorias citadas abaixo emergiram da primeira questão: "Escreva sobre a estratégia didática 'Origami'".

Lúdico – categoria emergente após a análise das respostas dos estudantes. O ensino pode ser lúdico com diversão e descontração, precisa sim, do planejamento do professor para que a didática ou a diversão desviem da intenção em usar a estratégia para o ensino (KISHIMOTO, 2011).

Não lembro – quando o estudante registrou não se lembrar da estratégia, por não querer responder, ou por não lembrar-se realmente. Fica-se sem saber a realidade pelo limite do instrumento. Pode não ter ocorrido também a compreensão da estratégia como promotora do ensino como debatido por Bonzanini e Bastos (2005).

Outros – não foi a intenção juntar esta categoria com a 'não lembro', pois as intenções são diferentes quando considera-se as estratégias. Aqui, os estudantes se mostraram despreocupados em não terem feito o origami. Corazza-Nunes et al. (2006) alertam para a preocupação dos estudantes fazerem acriticamente as tarefas, ou não fazê-las, mas ao final do ano somar os pontos para a aprovação.

Os resultados demonstram que o lúdico foi promotor de boas emoções e estas podem colaborar para a aprendizagem como afirma Mora (2017).

* A segunda reflexão foi: "Escreva sobre a estratégia didática 'Painel de células'". Com os seguintes resultados: 'Consulta ao material' (45%, 09/20); 'Não me lembro' (35%, 07/20) e 'Outros' (20%, 04/20). Os resultados são apresentados no quadro 4.8.2.

Quadro 4.8.2. Percepção do painel de células como estratégia de ensinoObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática 'Painel de células'	Consulta ao material <i>Grupo</i>	09	"Foi bom, aprendemos em grupo" – E07
			"Foi em grupo, a sala foi dividida em 3 partes e cada grupo ficou responsável por uma célula" – E15
			"Foi importante para ter feito esse painel para mim. Pois consegui ficar mais próxima, tocar e observar de perto as células" – E20
	Não me lembro	07	"Não lembro dessa didática" – E12
			"Não me lembro" – E17
	Outros	04	"Nesse trabalho juntamos dinheiro para comprar os objetos do trabalho e a representante de turma fez outra coisa com o dinheiro, deu muita dor de cabeça" – E03
"Participei, mas não sei explicar" – E09			

As três categorias citadas abaixo emergiram da segunda questão: "Escreva sobre a estratégia didática 'Painel de células'":

Consulta ao material – citologia é um extenso conteúdo da disciplina Biologia e embora os estudantes já tivessem acesso ao tema desde o ensino fundamental, no médio é mais sistematizado seu ensino em Biologia. Os três modelos de células realizados pelos estudantes ficaram expostos no mural da sala de aula e sendo constantemente usado nas aulas como exemplo. O que ficou marcado foi o fato de ter sido um trabalho em grupo e de modelos. Para Justina e Ferla (2006) o modelo é uma construção que pode ser usado como referência e permite materializar ideias e conceitos.

Não me lembro – Williams et al. (2012) discutem a dificuldade de aprender conceitos abstratos, e esta categoria expressa que a estratégia não foi significativa para estes estudantes, o que não inviabiliza que seja resgatado da memória em algum momento de suas vidas.

Outros – as reflexões dos estudantes não foram direcionadas para a aprendizagem do conteúdo citologia e sim, para as experiências vividas por eles na confecção do painel. Não é possível afirmar se houve uma maior significação para estes estudantes, mas ficou marcado na memória a experiência. Para Brougère (1998) cada indivíduo dá um significado ao que vive que pode colaborar, ou não, para a aprendizagem.

O painel de células, embora para a professora-pesquisadora tenha tido um objetivo (apresentar os três modelos de células), uma parte não se lembrava da estratégia, tendo pouco valor afetivo com a estratégia.

* A terceira questão foi: "Escreva sobre a estratégia didática 'Música ácidos nucleicos'"; com os seguintes resultados: 'Fixar o conteúdo' (60%, 12/20), 'Não lembro' (20%, 04/20) e 'Outros' (20%, 04/20). No quadro 4.8.3 são apresentados os resultados.

Quadro 4.8.3. Percepção da música ácidos nucleicos como estratégia de ensinoObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática 'Música ácidos nucleicos'	Fixar o conteúdo <i>Divertido</i>	12	"Legal, pois é uma forma de fixar melhor" – E07
			"Essa música está gravada até hoje em minha memória, fácil entendimento. Com ela aprendi que ácidos nucleicos duas formas tem, o DNA e o RNA também" – E10
	Não lembro	04	"Não me lembro" – E17
	Outros	04	"Não participei desta atividade" – E06
"Eu não estava presente" – E08			

As três categorias citadas abaixo emergiram da terceira questão: "Escreva sobre a estratégia didática 'Música ácidos nucleicos'":

Fixar o conteúdo – estratégia que objetiva a memorização de um determinado conteúdo, com função educativa como afirma Pedroso; Rosa e Amorim (2009). Pelos resultados, foi alcançada a função para este grupo.

Não me lembro – contrária à primeira categoria, mesmo com um número menor, quatro estudantes afirmam não lembrar; assim a estratégia não foi eficaz para estes indivíduos, por isso a necessidade de ser plural o uso das estratégias didáticas como recurso metodológico (KISHIMOTO, 2011).

Outros – Nesta categoria foram elencados os estudantes que não participaram das atividades anteriores (04) e, portanto não foram analisados.

* A quarta questão foi: "Escreva sobre a estratégia didática 'extração do DNA da cebola'"; com os seguintes resultados: 'Outros organismos têm DNA' (80%, 16/20); 'Não me lembro' (10%, 02/20) e 'Outros' (10%, 02/20). No quadro 4.8.4 são apresentados os resultados.

Quadro 4.8.4. Informações sobre a estratégia didática extração do DNA da cebolaObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática 'extração do DNA da cebola'	Outros organismos têm DNA <i>Divertido</i>	16	"Não é só os humanos que tem DNA" – E05
			"Interessante, dinâmico, aprendemos bastante colocando em prática" – E07
			"Usamos cebola, água e álcool. E nessa extração descobrimos que não somente os seres vivos tem DNA [seres humanos]" – E14
	Não me lembro	02	"Não me lembro" – E17
Outros	02	"Legal, porém complicado" – E16	

As três categorias citadas abaixo emergiram da quarta questão: "Escreva sobre a estratégia didática 'extração do DNA da cebola'":

Outros organismos têm DNA – conhecimento muito importante dentro da Biologia, ajudando a compreender a genética, inclusive a evolução das espécies. Esta categoria é um resultado que contraria o apresentado no quadro 4.2.1; na época a maioria dos estudantes achava que o DNA era encontrado no ‘sangue’. Portanto, esta estratégia junto com outras experiências cooperou para o aprendizado de um conteúdo científico (MAYR, 1998) e de forma divertida.

Não me lembro – por ter sido em grupo e no pátio do Colégio Alda (não há laboratório), estes estudantes talvez tenham ficado ociosos e não recordam do ocorrido. O ideal é realizar de forma individual ou em dupla, e em local reservado. Krasilchik (2011) e Kallas et al. (2013) discutem o papel do estudante em atividades experimentais, quando ficam ociosos não faz diferença ser uma atividade experimental, lúdica ou em sala de aula; o que fica é que para estes estudantes não foi uma estratégia didática motivadora.

Outros – os estudantes relataram terem achado complicado a aula prática, foi a primeira deles, mesmo assim não tira a relevância da prática em visualizar um conteúdo abstrato em um formato ativo (MARCH, 2006) onde os mesmos fizeram a atividade.

Esta prática foi essencial para, a possível, compreensão de que todos os seres vivos possuem DNA, cooperou para este entendimento e amadurecimento dos estudantes diante de experiências, embora não para todos. Esta experimentação didática permitiu os estudantes vivências das atividades e a descoberta que outros organismos apresentam o DNA e não somente os humanos.

* A quinta questão foi: “Escreva sobre a estratégia didática ‘Quadrilha da mitose’”; com as seguintes categorias: ‘Compreensão da mitose’ (60%, 12/20), ‘Não me lembro’ (30%, 06/20) e ‘Outros’ (10%, 02/20). No quadro 4.8.5 são apresentados os resultados.

Quadro 4.8.5. Registros sobre a estratégia didática quadrilha da mitose

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática ‘Quadrilha da mitose’	Compreensão da mitose <i>Divertido</i> <i>Vergonha</i>	12	“Foi um trabalho engraçado e bem inovador, porque nos mostrou que temos vários jeitos de aprender coisas novas” – E08
			“Experiência muito interessante, com a quadrilha ficou mais prático o entendimento” – E10
	Não me lembro	06	“Não me lembro muito, sei que todos os alunos se juntaram e pagaram um grande mico” – E18
			“Não lembro” – E19
	Outros	02	“Não estava presente” – E01
			“Não participei” – E06

As três categorias citadas abaixo emergiram da quinta questão: “Escreva sobre a estratégia didática ‘Quadrilha da mitose’”:

Compreensão da mitose – de acordo com os estudantes desta categoria, a estratégia colaborou para a compreensão do conteúdo estruturante de uma forma divertida, mesmo que tenham sido expostos (foi na quadra). Para Silvério e Maestrelli (2013) a temática na mesma série escolar permite uma maior integração curricular para o entendimento do conteúdo e de outros.

Não me lembro – provavelmente os estudantes nunca mais voltaram a ver este conteúdo estruturante. Outra questão a ser levantada é a vergonha que os estudantes sentiram isso pode ter bloqueado a estratégia, sido mais importante do que o conteúdo, aja vista serem adolescentes. Para Melo e Carmo (2009) o ensino médio precisa ser mais do que uma tarefa a ser cumprida, deve ter um motivo de se estudar tal conteúdo, e considerar a fase da adolescência.

Outros – Dois dos estudantes pesquisados afirmaram que não participaram da atividade e por isso não puderam opinar.

A estratégia foi importante para estimular os jovens a apreender de uma forma diferente, contudo, a questão da exposição aos seus colegas não foi considerada um empecilho pela professora-pesquisadora, mas foi para os jovens. Há de se pensar no público que a escola atende e o que quer promover. Neste caso, foi para despertar para o tema meiose que viria a seguir, porém o público jovem se sentiu envergonhado.

* A sexta questão foi: “*Escreva sobre a estratégia didática ‘seminários de artigos da RGE’*”. Com os resultados: Não me lembro’ (60%, 12/20); ‘Interessante’ (20%, 04/20) e ‘Outros’ (20%, 04/20). No quadro 4.8.6 são demonstrados os resultados.

Quadro 4.8.6. Registros acerca da estratégia didática seminário da RGE

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática ‘seminários de artigos da RGE’	Não me lembro	12	“Não lembro” – E03
			“Não me lembro” – E15
	Interessante	04	“Desafiador, porém bem legal porque fizemos um grupo e um aprende um pouco com o outro” – E07
			“Foi um seminário simples, mas que também pode ajudar nas outras avaliações do bimestre, pois o assunto abordado e apresentado serviu como revisão” – E13
	Outros	04	“Apresentamos um seminário sobre artigos da RGE” – E09
			“Apresentamos um seminário com o tema genética” – E19

As três categorias citadas abaixo emergiram da sexta questão: “Escreva sobre a estratégia didática ‘seminários de artigos da RGE’”:

Não me lembro – estratégia que não causou interesse nos estudantes como se esperava pela professora-pesquisadora. O que faz refletir no que planejar para que os

mesmos vejam o seminário como forma de pesquisa e desenvolvimento dos estudantes. Para Silva (2016) os estudantes precisam ver um significado na escola e em seu preparo para o mundo adulto. A RGE apresenta vários exemplos cotidianos, entretanto, os jovens não perceberam ou não foram sensibilizados pelos temas.

Interessante – atividade vista por estes estudantes como colaboradora para seu desenvolvimento estudantil, mesmo com desafios a serem vencidos, por conta da linguagem específica da temática e inexperiência diante dos seminários. Alves (2016) defende que a transposição didática dos conhecimentos científicos, e quando os estudantes realizam o seminário, isso é possível que ocorra.

Outros – a estratégia para estes foi apenas mais uma atividade escolar, sem, necessariamente, ter tido um impacto nos estudantes. O que pode ser por conta do instrumento de coleta de dados, ou realmente, não alcançou os estudantes por conta da didática escolhida (FONTOURA; PIERRO; CHAVES, 2011).

Os dados demonstraram após análise que esta estratégia não foi tão eficaz do ponto de vista dos estudantes, quanto foi para o planejamento da professora-pesquisadora, já que poderia auxiliá-los no desenvolvimento de outras habilidades, tais como: a fala, a pesquisa, a preparação da atividade, entre outros, os quais seriam apontamentos importantes para autoconstrução do conhecimento - a autopoiese de Maturana e Varela (2011); já que por meio da apresentação dos seminários, a preparação para os mesmos requer autonomia e desenvolvimento para adquirir e passar o conhecimento aos demais por meio da comunicação, o que pode ter acontecido e os estudantes não terem ainda percebido.

* A sétima questão foi: “*Escreva sobre a estratégia didática ‘filme Gattaca’*”, com os seguintes resultados: ‘Ajudou a compreender o conteúdo’ (65%, 13/20); ‘Não me lembro’ (20%, 04/20) e ‘Outros’ (15%, 03/20). No quadro 4.8.7 seguem os resultados.

Quadro 4.8.7. Registro do filme Gattaca como estratégia de ensino

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática ‘filme Gattaca’	Ajudou a compreender o conteúdo DNA	13	“O filme se mostrou interessante no seu decorrer, foi bom, pois foi uma aula em que discutimos bastante” – E08
			“Esse filme foi uma forma boa e descontraída de se apresentar informações que até mesmo nunca poderíamos pensar sobre tal coisa” – E11
			“Entendemos melhor a importância da genética e de como funciona o DNA” – E12
	Não me lembro	04	“Não me recordo” – E02
			“Não me lembro” – E17
	Outros	03	“É um filme que fala sobre como o personagem falsificou sua identidade” – E03
“Faltei nos dias do filme mas fiz a atividade, foi bem chata e desinteressante” – E06			

As três categorias citadas abaixo emergiram da sétima questão: “Escreva sobre a estratégia didática ‘filme Gattaca’”:

Ajudou a compreender o conteúdo – o conteúdo em questão era a discussão do DNA como objeto da genética e a narrativa do filme coopera para isto. Os filmes tornam-se eficientes estratégias desde que debatidos com os estudantes e estes também façam suas conjecturas, suas interpretações (PIASSI; PIETROCOLA, 2009).

Não me lembro – recorre-se novamente a esta categoria por conta das respostas dos estudantes. Foram dois dias de exibição, mesmo assim não foram suficientes para sensibilizar todos a respeito do conteúdo abordado. A transposição didática não aconteceu para este grupo desta categoria.

Outros – a estratégia foi apenas mais uma atividade didática que os estudantes deveriam assistir e responder ao roteiro de perguntas³⁶; assim, a função pedagógica abafou a liberdade da atividade (KISHIMOTO, 2011).

Esta estratégia se mostrou a surpresa para a professora-pesquisadora, pois após os dois dias de exibição a impressão é que tinha sido cansativo, porém houve paradas no filme para a ocorrência de debates, talvez isso tenha despertado o interesse dos estudantes para a estratégia e temática abordada no enredo do filme, mas não para todos.

* A oitava questão foi: “Escreva sobre a estratégia didática ‘produção de vídeos no movie maker’”, com os seguintes resultados: ‘Não me lembro’ (45%, 09/20), ‘Aprendizagem’ (40%, 08/20) e ‘Outros’ (15%, 03/20). Os resultados seguem no quadro 4.8.8.

³⁶ Foi elaborado um roteiro com perguntas sobre o filme, foram elas: Na apresentação, que letras ficam evidentes nos nomes? (Lembrem-se da música “ácidos nucleicos”); A história se passa em que época: passado, presente ou futuro?; Quais os problemas de saúde, os quais o protagonista - Vincent - foi diagnosticado ao nascer?; Nos 'testes clínicos' realizados durante todo o filme em amostras de material biológico como urina, sangue, pele, cabelo, saliva e outras secreções, o que é 'medido', ou melhor, sequenciado?; Que técnica os pais de Vincent utilizaram para ter o segundo filho 'perfeito', método considerado 'comum' na época em que se passa o filme?; Qual a discriminação existente nesta época, senão existem mais as discriminações sociais, culturais, religiosas e raciais?; Que tipo de comércio ilegal surgiu devido à 'discriminação genética' entre VÁLIDOS e INVÁLIDOS?; Que outros 'sinônimos' são utilizados para os INVÁLIDOS?; Que método moderno era usado para 'escolher' um namorado (bom partido)?; Apesar do 'perfil genético' perfeito de alguns personagens, em certos momentos prevaleciam traços particulares da personalidade. Cite pelo menos dois momentos em que isto fica evidente; O irmão mais novo de Vicent - Anton -, de certa forma não admitia o sucesso dele. Por que?; Qual a mensagem central do filme?

Quadro 4.8.8. Percepção dos vídeos do *Movie Maker* como estratégias de ensinoObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática 'produção de vídeos no movie maker'	Não me lembro	09	"Não me recordo" – E02
			"Não lembro" - E12
	Aprendizagem Desafiador	08	"Muito interessante, com bastante conhecimento" – E07
			"Foi a primeira vez que eu fiz um vídeo no movie maker, foi um pouco complicado, porém consegui explicar, colocar tudo que era necessário" – E20
	Outros	03	"Não sei" – E01
			"Fizemos um vídeo sobre genética" – E14

As três categorias citadas abaixo emergiram da oitava questão: "Escreva sobre a estratégia didática 'produção de vídeos no *movie maker*":

Não me lembro – os vídeos por necessitarem de internet e outros recursos foram feitos em grupo, talvez por isso nem todos lembrassem porque um componente do grupo fez. O ideal é fazer a exibição com debates em sala. Desta forma, o tema ficou em suspenso pelos demais estudantes; embora a tecnologia seja exaltada como uma novidade na escola, nem todos os estudantes tem acesso a ela e estão dispostos a aprender. A tecnologia e a produção dos vídeos são recursos que não substituem o professor e a aula (SILVA; RAZERA, 2006), mas tem potencial para ser uma estratégia de ensino.

Aprendizagem – esta categoria engloba apreender o recurso tecnológico e aprender o conteúdo para sumarizar em um vídeo de poucos minutos. Os estudantes se mostraram extremamente criativos na criação dos vídeos, sendo desta forma uma boa ferramenta para estimular a criatividade e o desenvolvimento de outras habilidades (NUNES et al., 2014).

Outros – a pergunta não fez com que todos refletissem na estratégia. Ou que a fizessem de forma instrumental (o que foi feito). Entendido como mais uma atividade escolar que abafa a liberdade que a estratégia proporciona, talvez pelo estranhamento no pedido pela professora-pesquisadora em produzirem um vídeo mesmo que o tenham feito para outra disciplina (MANFRIM et al., 2014).

Estratégia que não foi tão eficaz como outras, talvez pelo estranhamento, desafio e recursos necessários para a produção dos vídeos. Mesmo diante destes resultados, a produção por parte dos estudantes dos vídeos colabora para o desenvolvimento dos jovens, já que precisam fazer pesquisas (MATURANA, 2014).

* A nona questão foi: "Escreva sobre a estratégia didática 'Feira de Material Didático'", com os seguintes resultados: 'Aprendizagem' (55%, 11/20); 'Outros' (25%, 05/20) e 'Não me lembro' (20%, 04/20). No quadro 4.8.9 seguem os resultados.

Quadro 4.8.9. Registros da FMD como estratégia de ensinoObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Questão analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Escreva sobre a estratégia didática 'Feira de Material Didático'	Aprendizagem <i>Desafio Diferente</i>	11	"Foi produtiva, pois nos proporcionou mais contato com os elementos celulares, que nós fizemos maquetes e moldes de centríolos, por exemplo" – E04
			"Essa foi maravilhosa! Foi a última estratégia, me possibilitou compreender melhor sobre os assuntos abordados. Os momentos em grupos. Para estudo e fabricação dos materiais didáticos foram marcantes. A criatividade estava em cada apresentação" – E13
			"Foi uma experiência nova, apresentamos a feira com o tema genética e fomos avaliados por outros professores" – E19
	Outros	05	"Legal" – E07
			"Eu, particularmente, não sou muito boa em seminários, então essa feira não foi muito legal para mim, porém, meu grupo e eu demos o nosso melhor" – E15
			"Bem planejada, mas precisa de aprimoramentos" – E16
	Não me lembro	04	"Não me recordo" – E02
"Não me lembro" – E17			

As três categorias citadas abaixo emergiram da nona questão: "Escreva sobre a estratégia didática 'Feira de Material Didático'":

Aprendizagem – dos presentes, a maioria considerou que a FMD tenha sido uma estratégia que possibilitou a aprendizagem dos conteúdos, tenha sido pelo fato de serem avaliados por outros professores, ou pelo fato de produzirem um material didático para explicar. Consideraram uma atividade diferente e desafiadora dentro do Colégio Alda. As autoras Krasilchik e Marandino (2007) debatem que a questão de ensinar implica também em desafiar os estudantes a adquirirem o conhecimento científico.

Outros - outras lembranças vieram nesta questão, que não os relacionados aos temas abordados. A estratégia para estes precisa ser aperfeiçoada para alcançar o objetivo de ensinar (o que não significa que isto não tenha ocorrido); por outro lado, outra lembrança que apareceu foram os sentimentos positivos da época, mas a busca da aprendizagem carece de ser melhorada.

Não me lembro – aqui quatro estudantes afirmaram não se lembrarem da estratégia que mobilizou o colégio e as turmas envolvidas, os mesmos apresentaram seus materiais, mas não foram capazes de aprofundarem-se nos conteúdos. Vilas Boas e Barbosa (2016) compreendem que a aprendizagem gera mudanças na participação dos sujeitos na sociedade, inclusive em suas relações no colégio; neste caso, eles não quiseram se relacionar.

Esta estratégia foi a que mais requisitou dos estudantes a se mobilizarem para a produção de seus materiais, para isso pesquisaram, estudaram e confeccionaram seus materiais, além de serem avaliados por outros professores. Para este grupo, a maioria achou positiva a FMD, contudo, há de se pensar em novas abordagens para pleitear a todos, ou quiçá, aumentar a participação dos mesmos de forma mais eficaz.

* A décima pergunta do questionário foi: “O que ficou destas 09 estratégias didáticas vividas por você? Desses 09 encontros, o que ficou?”, com os seguintes resultados: ‘Memória’ (95%, 19/20) e ‘Outro’ (5%, 01/20). Por meio da análise, foi possível perceber que a questão de número dez foi confundida com a de número doze pelos participantes, a intenção da pergunta dez foi o resgate das emoções vividas nestas estratégias, conforme Maturana e Varela (2014) debatem. Os resultados aparecem no quadro 4.8.10.

Quadro 4.8.10. O que ficou dos nove encontros em que foram empregadas estratégias de ensino

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
O que ficou destas 09 estratégias didáticas vividas por você? Desses 09 encontros, o que ficou?	Memória <i>Divertido</i>	19	“Apenas a feira de material didático, pois foi a mais interessante” – E12
			“Encontros e projetos dessa maneira deixam o aprendizado mais diversificado” – E10
			“Um pouquinho de cada um, todos tem a parte chata, a legal e a interessante” - E15
	Outro	01	“Nada” – E12

As duas categorias citadas abaixo emergiram da décima questão: “O que ficou destas 09 estratégias didáticas vividas por você? Desses 09 encontros, o que ficou?”:

Memória – o questionário fez com que os estudantes refletissem no ano letivo de 2015 e foi possível obter como resultado que as estratégias tiveram seus pontos positivos diante da diversidade de estudantes e gostos; assim, percebe-se que quanto mais variadas forem as estratégias, maiores as chances de ocorrer a aprendizagem. Os estudantes vieram com as lembranças da época junto com as emoções. Vieira e Vieira (2005) debatem a necessidade de heterogeneidade nas abordagens educativas para fomentar a aprendizagem.

Outro – estudante³⁷ sem reação e opinião diante das estratégias, nenhuma foi capaz de atingir seus objetivos estudantis. De acordo com Fontoura; Pierro e Chaves (2011) a didática torna mais fácil a atividade de ensinar e aprender, mas com este estudante, tornou-se um desafio que não foi alcançado com as nove estratégias.

³⁷ Deseja cursar Direito na graduação.

Nas questões anteriores uma categoria expressiva foi a ‘Não lembro’. Na pergunta dez, a maioria tinha o que deixar registrado sobre o que vivenciaram em 2015, demonstrando que diversificadas estratégias alcançam diferentes gostos. Mas não é um consenso, não é uma unanimidade.

Quanto ao “apenas a feira de material didático” E12, mencionada no quadro reflete que para este participante a única experiência que ficou marcada foi a FMD, o que pode levantar algumas questões como: por que foi a única? Por que marcou e foi a mais interessante? Talvez, seja porque foram os estudantes quem fizeram os materiais didáticos, inferência da autora desta pesquisa.

* A pergunta décima primeira foi: “*Desses 09 encontros, do que gostaria de ter tido aula?*”, com os seguintes resultados: ‘Conteúdos relacionados aos temas de forma mais profunda’ (85%, 17/20) e ‘Outros’ (15%, 03/20). Os resultados seguem no quadro 4.8.11.

Quadro 4.8.11. O que gostaria de ter tido aula por meio das estratégias de ensino?

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Desses 09 encontros, do que gostaria de ter tido aula?	Conteúdos relacionados aos temas de forma mais profunda <i>DNA humano</i> <i>Sem professor de Biologia</i>	17	“Tudo, pois estamos sem professor de Biologia” – E08
			“Gostaria de ter tido mais aulas sobre nosso DNA” – E11
			“Genética, pois aprendi muito e gostaria de ter tido mais aula” – E17
	Outros	03	Não respondeu – E01
			“Nada” – E16

As duas categorias citadas abaixo emergiram da décima primeira questão: “Desses 09 encontros, do que gostaria de ter tido aula?”:

Conteúdos relacionados aos temas de forma mais profunda – diante do currículo extenso, torna-se necessário passar atividades para casa, como exercícios para que os estudantes façam suas pesquisas. Mesmo com as avaliações externas (em 2015 tinha o SAERJinho) obrigava os professores a fragmentar o ensino. Ainda que com esta preocupação em mente, ocorreu também com os estudantes de 2015. Assim mesmo foi possível perceber que a maioria apresentou o desejo por algo da Biologia, portanto, o instigar por algo a mais, aconteceu. Contudo, há o problema de falta de professor para algumas turmas, o que causa um impacto negativo para a educação científica (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007).

Outros – nem todos os estudantes gostam de Biologia, para estes é apenas uma disciplina que eles precisam cursar para terminar o ensino médio, sendo necessário

respeitar as escolhas dos estudantes, embora o conteúdo de Biologia exista fora da escola, não é unicamente um currículo escolar (VILAS BOAS; BARBOSA, 2016).

Esta pergunta levantou questões sobre os desejos discentes sobre os conteúdos; praticamente não se pergunta aos estudantes o que desejariam estudar, o currículo não permite esta abertura e o docente por vezes se sente inseguro com as questões que possam vir. O que os resultados revelam é que a promoção da genética e de seus conteúdos estruturantes foi realizada no Colégio Alda em uma parte dos participantes das estratégias.

* A décima segunda pergunta não teve necessidade de formar categorias, pois as respostas foram consideradas evasivas. A pergunta foi: “*Das 09 estratégias, qual gostou mais? Por quê?*”. Os resultados foram: ‘FMD’ (40%, 08/20); ‘Extração do DNA’ (35%, 07/20), ‘Filme Gattaca’ (15%, 03/20) e ‘Quadrilha da mitose’ (10%, 02/20). Todos responderam algo, inclusive o E12 disse ter gostado da FMD. Resultado positivo, pois mesmo com controvérsias, por conta de que nem todos gostaram das atividades, as estratégias didáticas de algum modo atingiram o universo de cada estudante. Maturana e Varela (2011) afirmam que as estratégias ajudam no desenvolvimento dos jovens estudantes/cidadãos estimulando-os a progredir.

* Enquanto que a décima terceira pergunta foi: “*Das 09 estratégias didáticas, qual gostou menos? Por quê?*”. Também não foram formadas categorias. Os resultados foram: ‘Quadrilha’ (30%, 06/20); ‘Gostei de todas’ (25%, 05/20); ‘Vídeos’ (15%, 03/20), ‘Música’ (10%, 02/20); ‘Origami’ (5%, 01/20); ‘Seminários’ (5%, 01/20); ‘Filme Gattaca’ (5%, 01/20) e a FMD (5%, 01/20). As justificativas foram por terem tido desentendimentos, ter dado muito trabalho, ter sido cansativo. Comparando com a questão anterior, nesta há mais estratégias citadas, logo, demonstra mais uma vez a importância em haver diversas estratégias para abarcar diversos estudantes (DAURA, 2011).

Sobre este questionário, as questões até a décima terceira foram exclusivamente acerca das estratégias didáticas, portanto, é oportuno neste momento fazer a discussão destes resultados, após a realização desta, continuará a análise do questionário; como segue:

A categoria ‘Não lembro’ foi expressiva quando relacionadas com as estratégias, pode ter sido uma estratégia para não se comprometer com as respostas, ou de fato, não se lembravam das estratégias, pois durante este intervalo de tempo, os estudantes do Colégio Alda vivenciaram outras experiências que podem ter sido para eles mais motivadoras do que as do ano 2015.

As estratégias despertam grande interesse na área educacional e na didática do professor como debatido por Vieira e Vieira (2015), haja vista se opuser com a estratégia didática mais usada no Colégio Alda, a aula tradicional.

Os modelos construídos pelos estudantes foram eficazes por conta da especificidade da Biologia que muitas vezes impede a experimentação, como a questão da biossegurança (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015). Neste íterim as estratégias ressurgem como uma modalidade didática que o professor lança mão para ensinar conteúdos, com a esperança que os estudantes os apreendam (GOBORA; VINHOLI Jr., 2016).

O sucesso, ou insucesso, no uso das estratégias depende do planejamento no uso do recurso, pois nenhum substituirá a ação docente, a especificidade local; assim o papel docente é de instigar a curiosidade e a pesquisa para se alcançar o desenvolvimento do estudante, a autopoiese. Para isso, o primeiro passo é o docente conhecer a estratégia e estar aberto a novidades que surjam no decorrer da aula, como discutem Vieira e Vieira (2005). Mesmo assim, as estratégias didáticas não são consideradas redentoras ou mesmo um ‘milagre’ no processo de ensino e aprendizagem, são encaradas como um recurso que auxilia o processo educativo.

Deste jeito, o conhecimento deve se tornar um aprendizado que faça parte da vida dos escolares, de seu cotidiano, extrapole o muro escolar e os períodos avaliativos. E o uso de forma planejada de estratégia de ensino torna-se um meio que facilita a apreensão do conhecimento científico, como o necessário para a compreensão da genética enquanto presente na vida.

Estratégias de ensino podem ser adaptadas para qualquer disciplina e tema a ser abordado, contudo, a delimitação deste estudo é a relação entre o DNA, a biologia celular (conteúdos estruturantes), e a genética mendeliana, pois para Freitas “o discurso da genética mendeliana é exclusivo da escola” (2013, p. 107), os discentes não a percebem fora dos muros escolares, representando que sua escolarização não tem sido suficiente para abarcar a todos na escola; sem esse entendimento, os novos conhecimentos não serão compreendidos, dificultando assim, o progresso na educação biológica dos estudantes.

O que se espera no uso das estratégias didáticas é a aprendizagem. Esta pode ocorrer com a aula tradicional, que neste estudo também é considerada uma estratégia, mas com a pluralidade de estudantes e de recursos hoje disponíveis na escola e aos estudantes (*smartphone*, por exemplo) novos desafios se abrem neste horizonte. A tecnologia é uma ferramenta, mas sozinha não é a solução, a mediação didática ainda se faz presente e necessária aos estudantes do Colégio Alda (NUNES et al., 2014).

Quando se analisou o recurso da produção dos vídeos no *movie maker* pode-se vislumbrar que nem todos têm acessos à tecnologia aclamada como redentora da escola do século XXI, não é, pois nem todos têm acesso a elas. Não se tira seu mérito, porém não se descarta e nem desprestigia o que a escola pública tem: professores criativos diante de jovens cada vez mais expostos a informações, mas sem recursos.

Acredita-se no ensino híbrido para o estudante/cidadão, em sua alfabetização genética e educação científica para que possa fazer suas escolhas com argumentos e consciência de seus atos e escolhas (CHASSOT, 2016).

A escola tem esse papel de ensinar conteúdos didáticos, mas por meio das estratégias outras habilidades também são desenvolvidas, porque cada indivíduo é uma unidade autopoietica capaz de produzir seu próprio conhecimento (MATURANA; VARELA, 2011). Está no ser e fazer, mediado pelos professores que as estratégias auxiliam a aprendizagem dos estudantes (FIGURA 2.1).

Diante disto, retorna-se ao questionário.

* A décima quarta pergunta, não foi analisada por serem as respostas consideradas evasivas para este estudo.

* A décima quinta pergunta foi: “*Quando terminar o ensino médio o que pretende fazer? Pretende continuar estudando? Em quê?*”, com a intenção de conhecer os futuros desejos dos discentes. Os resultados foram: 18 afirmaram o desejo em continuar estudando, sendo destes: 02 em curso pré-militar; 04 em curso técnico de Enfermagem; 09 desejam fazer faculdade e; 03 desejam um curso de graduação nas ditas áreas biomédicas. O estudante E13 deseja cursar Ciências Biológicas. 01 não sabe o que vai fazer; 01 disse que pretende trabalhar e estudar.

Sobre estes resultados, o Colégio Alda fomenta o desejo pelos cursos de nível Superior, convida ex-alunos a retornarem à escola e contarem suas experiências. Este grupo tem o desejo; se terão a acessibilidade e a permanência, se tornaria outro estudo. Não tira o mérito de vislumbrarem a possibilidade de permanência nos estudos, vendo no mesmo um meio para o mercado de trabalho e ascensão social (SILVA, 2016).

As perguntas a seguir, em muito lembram as aplicadas ao grupo das turmas 1008 e 1009 em 2015. Mostram-se importantes para perceber se houve, ou não, mudanças em suas concepções prévias discentes; não é o intuito repetir as discussões realizadas. Os resultados de 2015 foram apresentados na seção 4.2 deste estudo de caso.

* Assim, a décima sexta pergunta foi: “*Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?*”, com as seguintes categorias como resultados: ‘Células’ (50%, 10/20); ‘Corpo todo’ (25%, 05/20) e ‘Outros’ (25%, 05/20). No quadro 4.8.12 seguem os resultados.

Quadro 4.8.12. Onde fica o DNA nos seres vivos?Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?	Células Sangue	10	“O DNA é encontrado no interior do núcleo ou espalhado pelo citoplasma, dependendo do ser vivo” – E04
			“No sangue” – E05
			“No núcleo de uma célula” – E16
	Corpo todo	05	“Em todo corpo” – E02
			“Em todo o corpo humano, em geral” – E06
			“No corpo todo” – E18
	Outros	05	“Não sei” – E12
			“Em nossas digitais” – E14
			“No estômago” – E17

As três categorias citadas abaixo emergiram da décima sexta questão: “Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?”:

Células – resultado que não foi encontrado em 2015. É a resposta correta; demonstra que os anos no ensino médio permitiram um maior amadurecimento diante do conhecimento científico e biológico. Provavelmente os estudantes viveram novas experiências que fizeram com que a metade do público investigado visse a célula como portadora do DNA. Contudo, o ‘sangue’ ainda apareceu, o que informa que as concepções prévias discentes são fortes demais para o conhecimento escolar, científico e instituído, destituí-las (DE OCA, 1995; KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005; BRÃO; PEREIRA, 2015).

Corpo todo – revela um senso comum e um não comprometimento com a pergunta realizada. Esperava-se mais uso da linguagem biológica destes estudantes por conta dos anos escolares. Este resultado reflete um modelo fragmentado e superficial (TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2014). Não está incorreta, porém é uma resposta superficial, por ainda permanecer com uma visão antropocêntrica.

Outros – ainda a tentativa em responder, porém com erros conceituais. Scheid e Ferrari (2006) demonstraram que conceitos básicos não são compreendidos, quanto mais os de genética, como aqui encontrado.

Esta pergunta revela ainda uma permanência da visão antropocêntrica, como se a Biologia fosse exclusiva da espécie humana. Houve avanços em relação a 2015, mas não o suficiente para eliminar o senso comum e as concepções prévias dos participantes.

* A décima sétima pergunta foi: “Para você, o que é célula?”, com os seguintes resultados: ‘Não sei’ (55%, 11/20); ‘Outros’ (25%, 05/20) e ‘Menor parte’ (20%, 04/20). Foi a terceira pergunta do questionário de 2015. No quadro 4.8.13 seguem os resultados.

Quadro 4.8.13. O que é célulaObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Para você, o que é célula?	Não sei	11	“Não me recordo” – E07
			“Acho que é seres vivos. Não me recordo muito bem. Ou organismos vivos, como disse não me recordo” – E20
	Outros	05	“Célula é o sistema onde mostra quando uma pessoa está com imunidade baixa” – E03
			“Glóbulos vermelhos que correm pelo sangue” – E06
			“É aquilo que vivem em todo ser vivo” – E08
			“Célula são partículas que estão por todo nosso corpo, serve para proteger” – E17
	Menor parte	04	“Células é algo que temos em nosso organismo, extremamente importante para a tal, pois as células é algo que nos compõem” – E11
			“Menor parte do corpo. Onde guardo o DNA, é composta por outras organelas como: complexo de Golgi, mitocôndria, etc. ocorre também nela a síntese de proteínas e a respiração celular” – E13

As três categorias citadas abaixo emergiram da décima sétima questão: “Para você, o que é célula?”:

Não sei – desconhecimento pela maioria dos participantes, o que indica que as estratégias didáticas não foram suficientes para alterar suas concepções prévias, quando ‘pressionados’ lançam mãos delas ao invés do conhecimento científico. A dificuldade no conhecimento de célula permaneceu. A expectativa é que obtenham tal conhecimento conforme forem amadurecendo e vivenciando a Biologia fora do ambiente escolar (EILAM; REITER, 2014).

Outros – aponta uma tentativa em elaborar uma resposta, mas sem conseguirem. Os estudantes utilizam palavras próprias da Biologia, o que demonstra uma apropriação da linguagem científica mesmo que incipiente e confusa (FANG, 2005).

Menor parte – célula é a menor parte de um ser vivo, todo ser vivo é formado por célula, ou células. Estes alcançaram o conhecimento científico e biológico (MAYR, 1998), mesmo que com uma visão reducionista.

Comparando os resultados de 2015 com os de 2017, não houve alterações nas concepções prévias dos estudantes, permanecem sem compreender o conceito de célula. Na Biologia, para ser considerado um ser vivo, precisa ser dotado de célula, é a menor parte morfofuncional de um ser vivo nesta definição simplista, porém muito presente no universo estudantil.

* A décima oitava pergunta foi: “No corpo dos seres vivos, onde há célula? Disserte a respeito”, os resultados foram: ‘No corpo’ (70%, 14/20); ‘Outros’ (20%, 04/20) e ‘Sangue’ (10%, 02/20). Os resultados seguem no quadro 4.8.14.

Quadro 4.8.14. Onde há célula

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
No corpo dos seres vivos, onde há célula? Disserte a respeito	No corpo	14	“Em todo o corpo humano” – E08
			“No corpo todo porque é a unidade mais básica de um ser vivo” – E16
	Outros Não sei	04	“Não sei” – E05
			“Na medula óssea, nela se encontram as células tronco” – E09
Sangue	02	“No sangue...” – E02	

As três categorias citadas abaixo emergiram da décima oitava questão: “No corpo dos seres vivos, onde há célula? Disserte a respeito”:

No corpo – realmente, o corpo dos seres vivos é formado por célula (unicelulares) ou células (multicelulares). É a resposta correta. Há ainda a permanência de uma relação antropocêntrica da Biologia quando os estudantes dão como exemplo, o corpo humano. O conhecimento de célula é tão antigo como demonstrado no quadro 2.4.1 (década de 1830), não deveria trazer estranhamento ou dúvidas aos estudantes (MAYR, 2005). É provável que esse resultado reflita a escassez de estratégias didáticas para contemplar este tema, a citologia; onde permanece o quadro com o desenho de ‘ovo frito’.

Outros – tentativa de responder, ou fuga da resposta. Categoria frágil para o conhecimento biológico (SCHNEIDER et al., 2011).

Sangue – ressurgiu a categoria tão expressiva em 2015. Os estudantes não se lembraram das estratégias da extração de DNA da cebola e do filme Gattaca, por exemplo, em ambos foi debatido o papel da célula. Categoria frágil do conhecimento biológico como discutido por Barbosa et al. (2015); e demonstra, novamente, que suas concepções prévias permanecem.

A compreensão da citologia é importante para a genética e a evolução, houve avanços comparados com 2015, mas não a superação. O imbróglio permanece neste estudo de caso que pode ser superado de acordo com os desafios que os indivíduos vão tendo em suas vidas.

* A décima nona pergunta foi: “Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?”, com os seguintes resultados: ‘Família’ (65%, 13/20) e ‘DNA’ (35%, 07/20). Os resultados aparecem no quadro 4.8.15.

Quadro 4.8.15. A palavra genética em sua menteObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?	Família	13	“É quando uma pessoa puxa algo parecido com os pais” – E03
			“Família” – E05
			“Semelhanças que herdamos de nossos familiares” – E07
	DNA	07	“DNA” – E01
			“Gene ou algo geneticamente modificado” – E09
			“DNA” – E15

As duas categorias citadas abaixo emergiram da décima nona questão: “Quando ouve a palavra genética, o que vem à sua mente?”:

Família – os participantes associaram a questão de parentesco, correto do ponto de vista da genética, já que os seres vivos com reprodução sexuada herdam e transmitem suas características, até os assexuados quando se aborda as colônias nas bactérias. Este conhecimento colabora com a evolução das espécies por conta da seleção natural que seleciona os mais aptos no ambiente. O espaço dos estudantes ficou limitado ao grau de parentesco. É uma relação correta, mas simplista (MAYR, 2005).

DNA – o ácido desoxirribonucleico é objeto de estudo da genética, por conta da biologia molecular. Com esta categoria é possível vislumbrar que todos os seres vivos o possuem. Andrade e Caldeira (2009) consideram consistente esta associação, mas não houve menção da meiose.

Estes resultados são mais avançados que os de 2015 (quadro 4.2.3) o que corrobora que os indivíduos deste estudo fizeram associação da genética e a mesma não é inadequada para o nível de pergunta realizada.

* A vigésima pergunta foi: “*Quem foi Gregor Mendel?*”, também foi perguntada em 2015 de forma objetiva; os resultados foram: ‘Outros’ (60%, 12/20) e ‘Genética’ (40%, 08/20). As categorias estão no quadro 4.8.16.

Quadro 4.8.16. Em sua opinião quem foi Gregor MendelObs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Quem foi Gregor Mendel?	Outros <i>Biologia</i> <i>Não sei</i>	12	“Não lembro” – E05
			“O pai da biologia” – E06
			“Não sei” – E12
	Genética	08	“Foi o cara que ficou conhecido como o ‘pai da genética’” – E08
			“Foi o pai da genética. ele desenvolveu algumas leis que são válidas até hoje, como o hibridismo que analisava uma característica (a cor da ervilha) e a 2ª lei que analisava 2 características (rugosa ou lisa e a cor)” – E13
			“Ele foi o pai da genética” – E16

As duas categorias citadas abaixo emergiram da vigésima questão: “*Quem foi Gregor Mendel?*”:

Outros – não associaram a ciência da hereditariedade com Gregor Mendel, embora Martins e Prestes (2016) afirmam que Mendel não foi sozinho o fundador da genética, ele é um ícone dentro desta ciência, mas a maioria não o reconheceu, talvez isso seja falha do que seja apresentado no livro didático que ainda considera seus experimentos com as ervilhas um marco para o surgimento e desenvolvimento da genética, mas sem sentido para os estudantes.

Genética – significa que relacionaram a genética com Mendel, que colaborou para sua organização e firmeza como nova área científica (FREIRE-MAIA, 1995). Embora Mendel não tenha criado tal ciência, pois já havia pesquisas práticas com vegetais e plantas antes do mesmo (PRESTES; MARTINS, 2016).

Pergunta com aspecto mais amplo acerca da ciência da hereditariedade, ainda incipiente o conhecimento deste monge pelos indivíduos investigados. A história da genética tem importância não apenas para o campo da filosofia da ciência, mas para seus potenciais futuros e para onde a mesma caminha, já que os avanços na genética são quase que diários; como indicado no quadro 2.2.1.

A vigésima primeira pergunta foi: “*Por que os filhos se parecem com os pais? Explique.*”, desta emergiu apenas uma categoria: ‘Genética’ (100%, 20/20). No quadro 4.8.17 há as sentenças.

Quadro 4.8.17. Por que os filhos se parecem com os pais?

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categoria	Nº	Exemplos de sentenças
Por que os filhos se parecem com os pais? Explique.	Genética DNA	20	“Por conta da genética” – E01
			“Genética. por causa do DNA” – E03
			“Pois cada ser vivo tem sua herança genética, que é passado de pai para filho, mãe também, através do DNA” – E13

A categoria abaixo citada emergiu da vigésima primeira questão: “Por que os filhos se parecem com os pais? Explique.”:

Genética – todos responderam que tem a ver com a genética e que o DNA é a molécula que amálgama este acontecimento. Conhecimento importante para a compreensão da genética de acordo com Andrade e Caldeira (2009), este entendimento pode permitir uma maior compreensão da ciência da hereditariedade. O trabalho de Mori, Pereira e Vilella (2011), explica que os seres vivos herdaram de seus progenitores as informações que permitem produzir as características básicas de sua espécie, além das características individuais. Sendo que essas informações estão contidas nos genes que se

passa de pais para filhos por meio dos gametas (resultado da meiose). O entendimento deste mecanismo requer outros, por isso que a separação entre os temas em distintas séries escolares é considerada um entrave para a educação biológica, pois falta uma visão sistêmica.

Considerando os inúmeros conhecimentos aos quais os estudantes tem acesso durante os anos escolares, houve um avanço comparado com 2015, não foi o ideal. Se necessitarem de buscar informações sobre a temática saberão onde encontrá-las. Esta pergunta intitulou o trabalho do XI ENPEC (LEAL, et al., 2017). Esta pergunta foi alterada de 2015 para 2017, para os estudantes do primeiro ano a pergunta realizada foi: “*Explique em poucas palavras como você acha que se processa a transmissão das características de pais para filhos*”, está no quadro 4.2.4, foi a oitava pergunta do questionário. A mudança foi necessária, pois se percebeu uma confusão no entendimento desta questão.

* A vigésima segunda pergunta foi: “*Onde você acha que deve aprender genética?*”, com os seguintes resultados: ‘Escola’ (85%, 17/20) e ‘Outros’ (15%, 03/20), os resultados estão no quadro 4.8.18. Com a intenção de conhecer onde é o espaço considerado para aprender genética por estes estudantes.

Quadro 4.8.18. Qual o local para aprender genética

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Onde você acha que deve aprender genética?	Escola	17	“Num ambiente estudantil, como na escola” – E04
			“Na escola” – E13
			“Aprendemos genética desde pequenos, mas temos mais conhecimento na escola” – E17
	Outros <i>Vida Em todo lugar</i>	03	“Na biologia, me aprofundando no assunto” – E03
			“Em todo lugar” – E14
			“Nas informações diárias” – E19

As duas categorias citadas abaixo emergiram da vigésima segunda questão: “Onde você acha que deve aprender genética?”:

Escola – Freitas (2013) afirma que a genética é um conteúdo escolar para os estudantes; como se a genética não fosse vivida por todos os organismos. Significando um conteúdo instituído e dominado pela escola, quando na verdade não o é. Sua didatização pode ocorrer na escola, mas não exclusivo nesta, e talvez seja esta didatização que a afasta dos estudantes. Para isto os centros de Divulgação de Ciências tem grande potencial para popularizar esta ciência.

Outros – as ideias da genética circulam na sociedade, são fomentadas pelas mídias. Chassot (2016) chama a atenção para que a alfabetização científica englobe os

conhecimentos científicos tornando-os hábeis para qualquer cidadão, e isto inclui os conhecimentos da genética porque todos os seres vivos a vivem.

Esta pergunta intencionou saber a opinião dos estudantes sobre onde aprender, não é um conhecimento apenas instituído e exclusivo da escola, está presente na sociedade e esta requer cada vez mais participação dos estudantes/cidadãos nos debates.

* A vigésima terceira pergunta foi: “*Quem você acha que deve te ensinar genética?*”, com os resultados: ‘Professor’ (45%, 09/20); ‘Professor de Biologia’ (30%, 06/20); ‘Outros’ (15%, 03/20) e ‘Escola’ (10%, 02/20). Os resultados estão no quadro 4.8.19.

Quadro 4.8.19. Quem deve ensinar genética

Obs.: sentenças *ipsis litteris*.

Pergunta analisada	Categorias	Nº	Exemplos de sentenças
Quem você acha que deve te ensinar genética?	Professor	09	“O professor” - E07
			“Professores altamente qualificados” – E08
			“Professor” - E11
	Professor de Biologia	06	“Os professores de biologia” – E03
			“Professor(a) de biologia” – E13
			“O professor de biologia” – E16
	Outros	03	“Quem entende mais sobre isso” – E02
			“Pais, professor, igreja” – E14
	Escola	02	“A escola” – E18

As três categorias citadas abaixo emergiram da vigésima terceira questão: “Quem você acha que deve te ensinar genética?”:

Professor – os professores são importantes para a aprendizagem dos conteúdos escolares para Botia e Bolívar-Ruano (2012) e tem grande influência na compreensão dos temas estudados.

Professor de Biologia – demarca quem deve ensinar genética, os formados em Ciências Biológicas. Cassab et al. (2012) afirmam que estes professores têm a formação necessária para esta abordagem, justamente por terem esta disciplina durante o curso de graduação. Tendo, portanto, mais eficiência em lecioná-la.

Outros – os conhecimentos de genética circulam pela sociedade, assim é possível de vê-los em suas várias esferas; contudo a preocupação é na perpetuação de erros conceituais. Já que estes conhecimentos têm finalidades sociais no cotidiano de seu ensino (SELLES; FERREIRA, 2005), como os casos do zika vírus ainda em pesquisa.

Escola – vista como agente fomentador de ensino. A escola é formada pela comunidade escolar que engloba, entre outros, professores e estudantes. Nesta categoria, não indicou quem e sim, onde deve ser ensinada, mostra que é um conhecimento instituído e curricularizado e que este discurso pertence à escola (VIVIANI, 2007).

ciência da hereditariedade a estes temas, que não estão incoerentes do ponto de vista da Biologia. Reconhecem a nomenclatura do DNA na genética e seus elementos mesmo que eles sejam considerados difíceis pelos estudantes (TEMP; SANTOS-BARTHOLOMEI, 2014).

* A vigésima quinta pergunta foi: “*O conhecimento, geral, o aprendido na escola e especificamente o de Biologia, é aplicado à sua vida? () sim; () não. Por quê? Explique sua resposta*”, com os seguintes resultados: ‘Sim’ (95%, 18/20) e ‘Não’ (10%, 02/20). Não foram criadas categorias por terem justificado que os usam em seu dia a dia, ou que não o usam.

A intenção desta pergunta foi conhecer se os estudantes do fim da educação básica veem a Biologia fora da escola e se aplicam tais conhecimentos em sua vida, ou seja, se o conhecimento adquirido na escola atravessa os muros escolares. Importante, pois nem todos os estudantes irão cursar faculdade e mesmo que a façam não será necessariamente nas áreas ‘biomédicas’. Significou que o conhecimento, mesmo que superficial, é usado no dia a dia dos estudantes/cidadãos, como preconizam os autores Pedrancini; Corazza e Galuch (2011); Chassot (2016).

Esta pergunta também ajuda a compreender o que mais se destacou com os estudantes de 2017, assim como foi feito na seção 4.5 (figura 4.5). Aqui, no ano letivo de 2017 as categorias que mais se destacaram foram: ‘DNA’, ‘Família’, ‘Célula’, ‘Corpo’, ‘Doenças’. Resultados diferentes dos de 2015, os quais mostraram que as categorias destacadas foram: ‘Sangue’, ‘Família’, ‘DNA’ e ‘Outros’.

Assim, a análise deste questionário finda com vinte participações de estudantes do terceiro ano. A discussão a ser feita é a da décima quarta pergunta a vigésima quinta, já que as das estratégias foram realizadas anteriormente. Em alguns pontos houve avanços em relação a 2015, em outros não, inferindo que as concepções prévias discentes são muito fortes e enraizadas e a escola não foi capaz de dissipá-las (KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005; BRÃO; PEREIRA, 2015).

A genética é um discurso circulante na sociedade com impacto direto no dia a dia dos indivíduos. Os estudantes a reconhecem, mas não com a profundidade desejada pelos pesquisadores que criticam o ensino de genética. No Colégio Alda, apesar das discussões sobre as estratégias para fomentar a genética e seus conteúdos estruturantes, os resultados se mostraram pouco aprofundados. Contudo esses resultados não indicam que não ocorreu a aprendizagem. Diante de uma situação real, que não um questionário direcionado para a colta de dados, é possível que os estudantes/cidadãos tomem suas decisões, façam suas colocações, busquem o conhecimento. Não é o fim, mas um começo na busca pelo conhecimento para os estudantes do Colégio Alda. O ensino de Biologia ensina os estudantes a pensar de forma linear, que não os prepara para a Biologia na vida,

simplesmente os “enche” de informações e ideias que se não forem contextualizadas, caem no esquecimento. Os estudantes estão acostumados a esta tradição. Romper, significa estabelecer um novo paradigma.

4.9 Alinhando as coletas de dados de 2015 e 2017

A análise geral da coleta de dados das turmas do primeiro ano do EM em 2015 (APÊNDICE D) mostrou que os estudantes participantes da pesquisa desconheciam o papel da ciência da hereditariedade para a compreensão da genética; limites que podem ter diminuído no decorrer dos três anos da pesquisa (desconsiderando os retidos e os que abandonaram os estudos). Para isto foram relevantes as experiências vividas neste percurso escolar de três anos cursando o ensino médio, seus interesses nas abordagens dos conteúdos e os estímulos proporcionados, ou não, no decorrer dos anos.

Scheid e Ferrari (2006) e Dentillo (2009) apontam as inúmeras dificuldades para a compreensão da genética pelos estudantes da educação básica, por falta de compreensão dos conteúdos estruturantes o que torna o ensino de genética um ponto de tensão na educação biológica. Sem cair na inocência de achar que a escola deve dominar este conteúdo, provavelmente os estudantes tiveram oportunidade de vivenciar o discurso da genética e de seus conteúdos estruturantes em outros locais, fora do *lócus* escolar e da fala dos seus professores (NASCIMENTO; MEIRELLES, 2014). Mesmo que considerada insuficiente à aprendizagem dos conteúdos, não inviabiliza que possa ocorrer futuramente, dependendo das experiências que cada um (unidade autopoietica) terá em sua vida além dos muros escolares. Muitos conhecimentos de Biologia, dos conteúdos estruturantes e da genética são utilizados pelos indivíduos, sem ao menos perceberem isso, como medicamentos, tratamentos, alimentos transgênicos, vacinas, entre outros. E por conta da dificuldade em compreendê-los pode passar a ideia, errônea, que o entendimento da genética seja para poucos privilegiados que a entendam (MALAFAIA; BÁRBARA; RODRIGUES, 2010; REIS; SILVA; BORGES, 2016).

Acerca dos questionários utilizados para coleta de dados para as turmas do terceiro ano de 2015 (APÊNDICE D e E), a análise dos mesmos revelou que a temática é conhecida dentro da comunidade investigada à época da pesquisa. Pode ter havido incoerências e lacunas, mas o discurso da genética e dos conteúdos estruturantes é do conhecimento dos pesquisados; que é um resultado diferente quando comparado com os estudantes do primeiro ano em 2015. Logo, é possível que o amadurecimento diante da disciplina Biologia e o próprio amadurecimento do jovem tenham contribuído para estes resultados mais animadores, além de reforçar a ideia de que a temática circula pelas mídias como relatado por Nascimento e Meirelles (2014). Já os autores Melo e Carmo (2009) defendem a ideia de

haver um EM mais preocupado com a integralidade dos conteúdos e que proporcione uma fundamentação entre a teoria e a prática, já que nem todos os indivíduos continuarão estudando; desta forma, o EM deveria ser suficiente para apresentar e contemplar uma educação mais holística do que fragmentada.

Os resultados das respostas dos estudantes do terceiro ano do ensino médio em 2017, coletadas através de questionário (APÊNDICE I) apresentam uma maior apropriação em suas respostas, mas não o suficiente para superar suas concepções prévias a respeito dos temas abordados. As estratégias didáticas foram aprovadas pela maioria dos participantes, mas também não houve unanimidade, e isto mostra a necessidade em diversificar as estratégias didáticas, pois os públicos são diversos, cada unidade autopoietica tem uma sensibilidade, um tempo e um modo, ou modos, para aprender.

5 NOSSA PROPOSIÇÃO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

*Mais esperança nos meus
passos do que tristeza nos
meus ombros.*

Cora Coralina

Este estudo teve como pretensão apresentar o uso de diversas estratégias didáticas para o ensino e aprendizagem da genética e de seus conteúdos estruturantes que foi realizada durante o ano letivo de 2015, nas aulas de Biologia. Assim, é possível o uso das estratégias durante o ano letivo em outros colégios.

Este capítulo tem como finalidade apresentar uma sequência didática para que outros educadores que tenham acesso a este material o vejam como consulta. É um caminho, não tem a intenção de esgotar o tema ou mesmo subestimar os professores e suas criações. Como ele se apresenta em um formato de livreto, aqui são apresentadas as sequências sumarizadas no quadro 05. Esta sequência didática foi experimentada no “chão da escola”, ou seja, dentro da aula de Biologia, totalizando 100 minutos semanais nos colégios da SEEDUC-RJ, o que equivale a dois tempos de aula. No total foram 1100 minutos de atividades de aula, além das atividades para casa (onze aulas).

A definição de sequência didática é a de ser um conjunto de atividades planejadas etapa por etapa pelo docente para o entendimento do conteúdo, ou unidades temáticas propostas para que sejam alcançadas pelos discentes (ASTUDILLO; RIVAROSA; ORTIZ, 2011). Lembra um plano de aula, entretanto vai além deste porque aborda várias estratégias de ensino e em sequência de dias (LEAL, 2013a; OLIVEIRA, 2013).

As estratégias didáticas são propostas educativas que intencionam o ensino e a aprendizagem, assim como a divulgação e a apreensão do conteúdo temático por meio do uso de recursos didáticos que extrapolem a aula verbalista, a aula tradicional. É um diálogo entre a teoria e a prática, com a consciência do docente em estar empregando o uso das estratégias como metodologias de ensino.

Acredita-se que quanto mais vividas e diversificadas forem as estratégias didáticas para o ensino dos conteúdos estruturantes e da genética, maiores as chances de ocorrer sua promoção, divulgação e aprendizagem pelos estudantes, ou, que sejam criadas condições para que a aprendizagem possa acontecer futuramente, e, que a sistematização do ensino por meio das sequências de ensino possam fomentar a aprendizagem.

Uma sequência didática é flexível e composta pelos itens: tema abordado, objetivo, justificativa, conteúdo, ano de escolaridade, tempo estimado para a aula, número de aulas necessárias, material necessário, desenvolvimento, avaliação e outros que surjam (ASTUDILLO; RIVAROSA; ORTIZ, 2011; OLIVEIRA, 2013).

Assim, para que seu uso seja proveitoso, a etapa do planejamento é especialmente importante, caso contrário, torna-se uma brincadeira para os estudantes, o que impossibilita a mediação para os conceitos científicos estudados.

Quadro 05. Resumo das atividades da sequência didática

Aula	Estratégias	Tempo	Papel docente	Papel discente
01	Aula expositiva dialogada	50'	Preparar aula e questionário	Refletir sobre o tema. Responder o questionário
02	Aula expositiva dialogada	100'	Preparar aula	Refletir e questionar
03	Aula expositiva dialogada	100'	Preparar aula	Refletir e questionar
04	Origami, painel de células e música	100'	Organizar e incentivar	Fazer as estratégias e apresentá-las
05	Extração do DNA	100'	Tirar dúvidas e auxiliar	Fazer a prática
06	Quadrilha da mitose	100'	Aula, auxiliar na quadrilha	Apresentar a quadrilha
07	Listas de exercícios	Em casa	Preparar os exercícios	Responder as questões
08	Seminários	100'	Separar e distribuir os artigos. Incentivar os estudantes	Apresentar os seminários e seus materiais
09	Filme Gattaca	200'	Trazer o filme e estimular o debate	Assistir e responder ao questionário
10	Produção dos vídeos	100'	Assistir os vídeos e corrigir algum erro	Produzir os vídeos dos temas pedidos que o docente achar pertinente, como a primeira lei de Mendel
11	Feira de material didático	150'	Incentivar os estudantes	Explicar os temas usando os materiais por eles confeccionados

É a nossa contribuição ao tema genética e seus conteúdos estruturantes, que deixamos como proposta para mediação em turmas do segundo ano do EM, ou transversalizado no EM. O protótipo encontra-se ao final desta tese em forma de proposta didática (página 243 em diante).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para isso existem as escolas: não para ensinar as respostas, mas para ensinar as perguntas. As respostas nos permitem andar sobre a terra firme. Mas somente as perguntas nos permitem entrar pelo mar desconhecido.

Rubem Alves

O ensino médio, etapa final da educação básica tem uma grande influência nos estudantes, já que aos que desejam cursar uma faculdade os anos escolares vividos pesam na escolha de carreiras. Quem conclui, são pelo menos 13 anos na instituição escolar passando por diversas experiências. O ensino de Biologia tem aplicação prática, mas o ensino de alguns conteúdos tem sido distante das realidades dos estudantes/cidadãos. Os conteúdos precisam de um contexto, já que o aprendizado é pessoal, individualizado e ressignificado por cada indivíduo.

Cursar o EM deveria significar mais do que obter um diploma, mais do que assistir aulas passivamente, mais do que realizar provas, avaliações externas, mais do que alcançar ao menos uma média de cinco pontos em cada disciplina por bimestre e fazer tudo o que o professor pedir, passivamente, mecanicamente, arbitrariamente, aguardando, pelo menos, os três anos, para o momento libertador de alcançar o diploma de concluinte, o que significa a conclusão da educação básica, que é obrigatória. Os estudantes necessitam perceber a importância em ter um papel ativo para a construção/desenvolvimento de significados no que é estudado. Para isso, ampliar o diálogo em sala de aula é uma alternativa, por ser o professor um formador de opinião e uma pessoa com mais experiência.

A nova aprendizagem deve ser aplicada em situações variadas, e se possível dentro das condições dos estudantes e do contexto da escola, na sociedade, já que a educação é uma prática social. O que se deseja é que a pessoa instruída tenha acesso e transite pelos diferentes espaços de comunicação e saberes que a sociedade oferece, e ponha em prática seus conhecimentos, dentre eles, os científicos biológicos, se e quando necessário.

Os estudantes ainda são passivos e desmotivados no colégio, realizam um treinamento para um pensamento linear, que não ocorre na vida; desta forma, a escola não forma cidadãos engajados, conscientes, críticos e éticos; a escola reproduz o padrão tradicional: ensino fragmentado, livresco, memorístico, descritivo e passivo, enquanto a vida é sistêmica e ativa. As estruturas rígidas do CM da SEEDUC-RJ inviabilizam inovações na escola que fomentem outras habilidades, mas compatíveis com as atualidades quais pesam nas decisões tomadas pelos docentes.

Analisando o município de Magé-RJ (considerada uma cidade dormitória), este precisa promover estratégias para que a população em idade escolar e em idade produtiva consiga meios para entrar em contato com centros de divulgação, como museus de ciências. A criação de emprego em Magé também é importante, pois pode aumentar a escolarização dos munícipes. Isto poderia ajudar a aumentar o número de estudantes no EM e estimulá-los a cursar o nível superior, se for o desejado pelos indivíduos. A maioria expressiva dos egressos do Alda trabalham no comércio local ou em outros municípios por falta de qualificação para o trabalho.

O objetivo em usar as atividades (as estratégias didáticas) foi a de ensinar o conteúdo de genética e seus conteúdos estruturantes de forma ativa por meio de ‘inovações’ no colégio Alda, o que mexeu com a estrutura natural das aulas e do próprio colégio, mas esta ‘inovação’ expôs outra fragilidade da educação pública, no Alda: os jovens estudantes leem pouco e escrevem pouquíssimo. Mudar esta realidade também é urgente. Isto foi percebido ao se fazer a análise dos questionários e na apresentação dos seminários.

O que não foi objeto de estudo, porém foi percebido é a questão do tempo. Não se discute o tempo de aula, mas se aceita e o professor precisa “pincelar” todos os conteúdos em 100 minutos semanais, o que gera a fragilidade dentro de um currículo enciclopédico. Os estudantes ouviram falar de genética, ouviram falar de DNA, mas neste modelo educacional, será que houve a aprendizagem? Será que a alfabetização genética foi alcançada? Há indícios de que ocorreu a aprendizagem. As unidades autopoieticas não são previsíveis, se transformam a cada nova experiência, os indivíduos aprendem o tempo todo, e este aprender não necessariamente precisa ser o escolar e ser validado pela instituição escolar.

Repensar os modelos da escola pública também compõe o discurso das políticas educacionais que são latentes na sociedade atual. Cada vez mais os jovens precisam trabalhar mais cedo, e aumentar o tempo de permanência do estudante no colégio é um desafio, porém sem investir no docente e na infraestrutura é um “placebo pedagógico”, não é a solução. É ter mais do mesmo, com uma roupagem diferente.

Foi possível perceber que os estudantes apresentaram dificuldades em compreender que a Biologia não é, essencialmente, uma ciência antropocêntrica, os humanos são apenas mais um dos objetos de estudos da Biologia, diferente do que ocorre com a Filosofia e a

Sociologia que tem no ser humano seu objeto principal de estudo. Na Biologia não existe hierarquização entre as espécies, mas os estudantes trouxeram esta concepção em suas respostas ao se prenderem no homem. Fica-se sem saber se foi falta de experiência ou se foi a visão antropocêntrica da Biologia. Nisto a extração do DNA da cebola ajudou nos conceitos de células e DNA presente em outros organismos. Por isso, sugere-se que a genética e seus conteúdos estruturantes sejam ofertados para turmas do segundo ano do ensino médio, ou transversalizado, por já terem tido experiência com a Biologia, que pode ser os reinos, a fisiologia e a anatomia humana no primeiro ano. Propõe-se, então, uma mudança curricular.

Se a vivência e interferência reflexiva com tais estratégias impactaram cada estudante é pessoal e intransferível. Mas se percebeu que os estudantes gostaram de atividades diferenciadas, como as estratégias vividas no ano letivo de 2015; enquanto que em relação a aprendizagem, apenas quando cada um estiver em uma situação que requeira tais conhecimentos, se irá saber se a aprendizagem ocorreu.

As estratégias didáticas permitiram uma mudança estrutural que colocou os estudantes a interagir entre si, com as estratégias e com os professores-avaliadores; justamente porque os humanos são seres sociais que aprendem no coletivo. Ao professor compete criar um ambiente para essas experiências de aprendizagem.

Os estudantes do Colégio Alda, embora tenham histórias de vida diferentes, mesmo que pertençam ao mesmo contexto social, se reúnem por terem sido estudantes do Alda em um período de suas vidas. E protagonizarem estas experiências fez em cada indivíduo uma nova história individual, não é uniforme como o colégio gosta de fazer, nivelar todos. A autopoiese contraria este nivelamento, cada indivíduo é capaz de construir sua própria história de acordo com as experiências que vão acumulando.

Já as estratégias didáticas permitiram o rompimento das aulas “tradicionais”: de um lado os professores que fornecem as informações e de outro, os estudantes que precisam memorizá-las para serem aprovados nas séries escolares. Em contrapartida, os professores avaliadores da Feira de Material Didático perceberam que é possível mexer com a estrutura das aulas, investir no protagonismo dos jovens estudantes e estimulá-los a realizarem suas próprias atividades. Ao serem convidados a participarem das avaliações, os professores avaliadores também vivenciaram as estratégias didáticas, tiveram suas impressões e ajustes podem ser feitos por cada um em suas aulas.

O protagonismo dos jovens é uma condição relevante na sociedade da informação, para que a instituição escolar possa assumir seu papel como espaço de construção democrática e promoção de conhecimentos para estes mesmos jovens. Desta forma estimular a curiosidade, a observação, o trabalho coletivo, a pesquisa, entre outros, é um

dos caminhos para a escola ser considerada como espaço formativo e não, informativo e prescritivo.

Para isso esbarra-se em inúmeros empecilhos como infraestrutura inadequada, ausência de instrumentalização do docente, como antes discorrido. Mesmo assim, os estudantes que hoje estão nos bancos escolares não são os mesmos estudantes à época dos professores. A informação é muito rápida, é errante, é em grande quantidade e dessa forma, se não for discutida na escola, fica superficial, não se transforma em conhecimento. A promoção do debate das questões de genética na escola permite ir além da aquisição do diploma do EM, permite o exercício da cidadania, por exemplo.

Contudo, há fragilidades, como a falta de escrita entre os estudantes, pois suas sentenças foram curtas, quase monossilábicas; e a necessidade de integração curricular hierárquica, mas que podem integrar-se conceitualmente de forma que os estudantes compreendam a relação que existe entre os conteúdos de Biologia para compreender a genética mendeliana. Desta forma a discussão intradisciplinar se soma para amparar, melhorar a educação em genética e superar o aprendizado como processo reprodutivo.

Na análise dos livros didáticos, no conteúdo de genética, são apresentadas, resumidamente, imagens esquemáticas da meiose; porém não há tempo para o resgate deste conteúdo estruturante, por ser genética por si só um conteúdo extenso demais. Deixa-se para que os estudantes pesquisem de acordo com o interesse de cada um.

Acerca dos resultados sobre a avaliação das estratégias didáticas, nenhuma delas teve unanimidade como positiva entre os estudantes, mas a maioria gostou da FMD. Ao olhar para as respostas de 2017, percebeu-se que os estudantes, quando pressionados pelo questionário, retornaram para suas concepções. O conhecimento acadêmico e instituído na escola e mesmo as estratégias didáticas não foram suficientes para alterar suas concepções prévias; isso pode ser afirmado por conta da categoria 'Sangue' muito presente em 2015, e que não foi esquecida em 2017, e sim, sua ocorrência foi bem menor.

Enquanto a pergunta da pesquisa (o uso de estratégias didática de ensino contribui para a promoção, divulgação e aumenta a percepção dos conteúdos estruturantes e da genética no âmbito escolar?), é dada como positiva ao ver os resultados deste estudo de caso, por meio das estratégias, junto com o amadurecimento dos jovens e o acúmulo de novas experiências em sua vida, cooperam para que o tema da genética e de seus conteúdos estruturantes sejam promovidos na escola. Há a compreensão em ser uma amálgama de elementos que se unem para os resultados de 2017, com indícios de aprendizagem.

Quanto aos objetivos propostos nesta tese, a saber: o objetivo geral (Analisar a importância do uso de estratégias didáticas no ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes para estudantes do primeiro ano do ensino médio) foi alcançado, tanto com a

apresentação do referencial teórico que se mostrou rico na temática abordada, quanto com as análises realizadas por meio dos cadernos de campo, apreciação dos questionários e a elaboração da sequência didática. O primeiro objetivo específico (Investigar o ensino dos conteúdos estruturantes) ocorreu nas turmas do primeiro ano do EM, junto com outros conteúdos da biologia celular e da biologia molecular. São muitos os conteúdos, tantos, que o professor pincela tais assuntos, tornando-os superficiais, assim como sua investigação nos livros didáticos. O segundo objetivo específico (Elaborar estratégias didáticas de ensino e aprendizagem) englobou nove estratégias usadas neste estudo de caso. E no terceiro objetivo específico (Avaliar uma sequência didática como proposta para o tema do estudo) foi elaborada uma proposição que fica para outros professores e pesquisadores da área de ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes. É a colaboração deste estudo de caso, este foi previamente apresentado no capítulo anterior levando em consideração as experiências vividas no Colégio Alda e está encartada na última etapa desta tese. Foi considerada uma avaliação positiva, haja vista ter sido utilizada em um colégio público, nos respectivos horários das aulas e com todas as dificuldades inerentes ao contexto da pesquisa.

Já o CM é um problema crônico no Colégio Alda. Provavelmente cada professor faz sua escolha e se cumprirá ou não, mesmo com as sanções estabelecidas por meio de Portarias. Na rede SEEDUC-RJ é um avanço perceber que há um documento normativo para os conteúdos. Porém sua premissa foi corrompida, pois deveria passar por reformulações e planejamento em 2015, o que não foi feito até dezembro de 2017. Seu cumprimento impede a entrada de questões sociais latentes em cada comunidade escolar. Nesse ponto é um retrocesso sua obrigação tão cegamente imposta pela SEEDUC-RJ, o motivo desta crítica é o tempo de aula para a abordagem de tantas questões, pois a SEEDUC-RJ parte do princípio que os estudantes são iguais, que todos aprendem no mesmo tempo e do mesmo modo.

No ambiente escolar ainda considera-se o modelo positivista, no qual o professor é o detentor do conhecimento e ao estudante cabe o papel de receptor da informação, do saber, e com o conhecimento fragmentado. Isto é muito claro no caso da genética por envolver outros conteúdos. Maturana (2014) contraria isto ao invocar as emoções, a proatividade e a participação docente/discente/cidadão no processo educativo. Mora (2017) valoriza as emoções para o aprender, pois motiva o sistema nervoso e colabora para o desenvolvimento de cada indivíduo.

O “como ensinar” acaba sendo o objeto de estudo desta pesquisa e, percebe-se que há várias frentes, que não apenas as dependentes de livros didáticos. Logo, o fato de terem vivido as estratégias didáticas pode aumentar a percepção, a compreensão e o interesse na investigação científica entre os estudantes, desenvolvendo habilidades de análise crítica que

possam beneficiar os participantes e seus pares, como sua família. Também é possível que haja a transformação de conhecimento científico, acadêmico e escolar em conhecimento particular, cultural de cada indivíduo, com significado para cada um, e logo, este conhecimento passe a fazer parte da cultura dos estudantes/cidadãos e de seus pares.

A amplitude de questões sociais perpassa pelo ambiente escolar, já que neste ambiente há discussões do que ocorre na sociedade. A autopoiese foi solicitada nas discussões das questões, precisa agora sair da obscuridade por conta do cumprimento do Currículo Mínimo e alcançar seu local de fomentar novas ideias e conhecimentos. A genética e seus conteúdos estruturantes também estão convocados a participar destas discussões por serem demandas atuais.

A apropriação destes conhecimentos permite o amadurecimento das questões e colabora no desenvolvimento dos cidadãos no tempo da sociedade da informação. Assim a experiência como professora-pesquisadora deste estudo de caso foi avaliada como positiva. Primeiro, por ter confiado nos estudantes e eles terem realizado as atividades, assumindo papéis ativos no processo de ensino e aprendizagem. Segundo, por ter havido uma mudança no desenho metodológico, pois, inicialmente, seriam apenas turmas do terceiro ano que de fato viveriam as estratégias didáticas. Porém, os conteúdos estruturantes assumiram a mesma importância que a genética tem com as turmas do primeiro ano, o que trouxe outro olhar para a pesquisa. Terceiro, a parceria entre os colegas professores do Colégio Alda, principalmente na FMD, foram de extrema confiança e profissionalismo. Quarto, foi o meu desempenho como professora-pesquisadora, que foi o maior desafio, ser professora e pesquisadora da minha própria prática docente, e considero, positivo pois trouxe 'ecos' até hoje no colégio Alda.

Assim, os estudantes cada um a seu tempo, amadureceram diante da Biologia, e isto não se deve ao fato de terem vivido as estratégias didáticas, mas por serem capazes de produzirem seu autoconhecimento e ressignificá-lo. Todavia, uma questão delicada da educação é a expectativa de que todos os estudantes aprendam uniformemente. Contudo, cada unidade autopoietica não age assim. Com esse contexto, os resultados que apontam que não ocorreu o avanço desejado no grupo estudado (2015 e 2017) não devem frustrar os leitores deste estudo de caso, pois cada indivíduo/cidadão tem o seu tempo, seus anseios e motivações, inclusive, nós os professores. A pesquisa não inviabiliza o uso das estratégias didáticas como propostas ao ensino, mas reitera que é uma alternativa viável, diante de um mundo com tantas demandas e expectativas que se apresentam aos jovens/cidadãos.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P.C. (Org.). **Filosofia da Biologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011, 136p.
- ALMEIDA, G.P. **Transposição didática: por onde começar?** 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2011, 71p.
- ALVES, V.H.T. **O portal do professor como suporte para as estratégias metodológicas no ensino de genética**. 2016. 82f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará (UFC). Orientadora: Profa. Dra. Raquel Crosa Maia Leite. Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/21880/1/2016_dis_vhtalves.pdf>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.
- ANDRADE, M.A.B.S.; CALDEIRA, A.M.A. O modelo de DNA e a biologia molecular: inserção histórica para o ensino de biologia. **Filosofia e História da Biologia**. SP, v. 04, p. 139-165, 2009. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-05-Mariana-Andrade-Ana-Maria-Caldeira.pdf>>. Acesso em: 03 de jan. de 2015.
- ASTUDILLO, C.; RIVAROSA, A. ORTIZ, F. Formas de pensar la enseñanza em ciências. Un análisis de secuencias didácticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. [s.l.], v. 10, n. 03, p. 567-586, 2011. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/REEC_10_3_10.pdf>. Acesso em: 03 de mar. de 2014.
- ARROYO, M.G. **Currículo, território em disputa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2ª ed., 2011, 375p.
- AYUSO, G.E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética em educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**. [s.l.], v. 20, n. 01, p. 133-157, 2002. Disponível em: <<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n1p133.pdf>>. Acesso em: 14 de dez. de 2013.
- BANET, E.; AYUSO, G.E. Introducción a la genética em la enseñanza secundaria y bachillerato: I. contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**. [s.l.], v. 13, n. 02, p. 137-153, 1995. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21403/93363>>. Acesso em: 03 de jul. de 2011.
- BARBOSA, J.V.; SANTOS, S.M.; RÔÇAS, G.; LEAL, C.A. Onde fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)? In: **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**. Anais. Águas de Lindóia, SP, p. 01-08, 2015. Disponível em: <<http://www.xenpec.com.br/anais2015/resumos/R0964-1.PDF>>. Acesso em: 01 de dez. de 2015.
- BARBOSA, M.D.; COSTA, G.M. Ácidos nucleicos: como entender isso? **Revista Genética na Escola**. SP, v. 02, p. 06-10, 2011. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/b703be_ed662135fd1045e59565e6b59f2d5075.pdf>. Acesso em: 01 de mar. de 2015.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução: L. A. Reto, A. Pinheiro, 1ª ed. São Paulo: Edições 70, 2011. 280p.
- BARROS, G.D.; RIBEIRO, A.M.; SILVA, D.M.S. O uso de recursos didáticos no ensino de genética: investigando as produções acadêmicas nacionais. In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XI ENPEC)**. Anais. Florianópolis, SC, p. 01-09. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1784-1.pdf>>. Acesso em: 02 de dez. de 2017.
- BELMIRO, M.S.; BARROS, M.D.M. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Práxis**. v. 06,

n. 17, p. 95-102, jun., 2017. Disponível em: <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/praxis/article/view/771/1169>>. Acesso em: 19 de ago. de 2017.

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Biruta, 1ª ed. 2009, 154p.

_____; SANO, P.T.; MONTEIRO, N. Registros escritos do conhecimento mútuo entre Gregor Mendel e Charles Darwin: uma proposta para trabalho em sala de aula com história contrafactual da ciência e didática invisível. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 11, n. 02, supl., p. 294-309, 2016. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/b703be_13eb5110148b47fdb310bc5593228597.pdf>. Acesso em: 09 de jan. de 2017.

BONADIO, R.S.; PAIVA, S.G.; KLAUTAU-GUIMARÃES, N. Ensino e aprendizagem de conceitos em genética: a divisão celular. In: **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**. Anais. Águas de Lindóia, SP, p. 01-06, 2015. Disponível em: <<http://www.automacaodeeventos.com.br/sigeventos/enpec2015/sis/inscricao/resumos/0001/R0547-1.PDF>>. Acesso em: 30 de out. de 2015.

BONZANINI, T.K.; BASTOS, F. Concepções de alunos do ensino médio sobre clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma humano. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Anais. Bauru, SP, p. 01-13, 2005. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p628.pdf>>. Acesso em: 13 de mar. de 2014.

BORDENAVE, J.D.; PEREIRA, A.M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 31ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011, 357p.

BORGES, R.M.R.; LIMA, V.M.doR. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. [s.l.], v. 06, n. 01, p. 165-175, 2007. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10_Vol6_N1.pdf>. Acesso em: 22 de dez. de 2013.

BOTIA, A.B.; BOLÍVAR-RUANO, M.R. El professorado de enseñanza media: formación inicial pedagógica e identidade profesional. **Ensino em Re-Vista**. [Espanha], v. 19, n. 01, jan-jun, p. 19-33, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/14899/8398>>. Acesso em: 14 de jul. de 2013.

BRANDÃO, G.O.; FERREIRA, L.B.M. O ensino de genética no nível médio: a importância da contextualização história dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. **Filosofia e História da Biologia**. v. 04, p. 43-63, 2009. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-02-Gilberto-Brandao-Louise-Ferreira.pdf>>. Acesso em: 16 de ago. de 2013.

BRÃO, A.F.S.; PEREIRA, A.M.T.B. Biotecnética: possibilidades do jogo no ensino de genética. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. [s.l.], v. 14, n. 01, p. 55-76, 2015. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_1_4_ex826.pdf>. Acesso em: 25 de jan. de 2015.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN). Lei nº 9.493**, 1996.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+)**. Brasília: MEC/Semtec, 2002, 140p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 21 de jun. de 2014.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC/SEB/DICEI, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12663&Itemid=1152>. Acesso em: 21 de jun. de 2014.

_____. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: Biologia: ensino médio**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Brasília, 2014, p.83. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/guias-do-pnld/item/5940-guia-pnld-2015>>. Acesso em: 26 de jul. de 2015.

_____. **Base Nacional Comum Curricular**. Ciências da Natureza no Ensino Médio. Ministério da Educação. 2015. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/conhecaDisciplina?disciplina=AC_CIN&tipoEnsino=TE_EM>. Acesso em: 30 de dez. de 2015.

BROUGÈRE, G. A criança e a cultura lúdica. **Revista da Faculdade de Educação**. São Paulo, SP, v. 24, n. 02, jul./dez. p. 01-06, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01025551998000200007&lng=en&nrm=is>. Acesso em: 26 de dez. de 2011.

CALLENDER, L.A. Gregor Mendel: an opponent of descent with modification. **History of Science**. v. 26, n. 04, p. 01-35, 1988. Disponível em: <http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?1988HisSc..26...41C&defaultprint=YES&filetype=.pdf>. Acesso em: 14 de jun. de 2014.

CARLAN, F.A.; SEPEL, L.M.N.; LORETO, E.L.S. Aplicação de uma webquest associada a atividades práticas e a avaliação de seus efeitos na motivação dos alunos no Ensino de Biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. vol. 09, nº 01, p. 261-282, 2010. Disponível em: <http://www.docenciauniversitaria.org/volumenes/volumen9/ART15_VOL9_N1.pdf>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

CASSAB, M.; SELLES, E.S.; SANTOS, M.C.F.; LIMA-TAVARES, D. Análise de compêndios didáticos: tensões entre forças de estabilidade e mudanças na história da disciplina escolar biologia (1963-1970). **Revista Teias**. Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, maio/ago, p. 141-263, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.proped.pro.br/index.php/revistateias/article/view/1083/925>>. Acesso em: 07 de jul. de 2013.

CASTAÑON, G.A. Construtivismo e ciências humanas. **Ciências & Cognição**. v. 05, n. 01, p. 36-49, 2005. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212005000200004>. Acesso em: 21 de dez. de 2017.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 7. ed. – Ijuí: RS: Ed. Unijuí, 2016, 344p.

CORAZZA-NUNES, M.J.; PEDRANCINI, V.D.; GALUCH, T.B.; MOREIRA, A.L.O.R.; RIBEIRO, A.C. Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. [s.l.], v. 05, n. 03, p. 522-533, 2006. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART8_Vol5_N3.pdf>. Acesso em: 24 de jun. de 2011.

DAURA, F. Las estrategias docentes al servicio del desarrollo del aprendizaje autorregulado. **Estudios Pedagógicos XXXVII**. n. 02, p. 77-88, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052011000200004>. Acesso em: 12 de mar. de 2017.

DE OCA, I.C.M. ¿Qué aportes ofrece la investigación mas reciente sobre aprendizaje para fundamentar nuevas estratégias didácticas? **Revista Educación**. v. 19, n. 01, p. 07-16, 1995. Disponível em: <<http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/8252/7815>>. Acesso em: 02 de abr. de 2017.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2009,366p.

DENTILLO, D.B. Divisão celular: representação com massa de modelar. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 03, n. 03, p. 33-36, 2009. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/b703be_756dee0c09c94cf89e6f1fc9f94dcc0b.pdf>. Acesso em: 01 de mar. de 2015.

DETOFENO, A.M.; JUSTO, C.F. Jogos pedagógicos: uma alternativa para os professores e um anseio dos alunos. Interdisciplinar: **Revista Eletrônica da Univar**. n. 06, p. 129-134, 2011. Disponível em: <<http://revista.univar.edu.br/index.php/interdisciplinar/article/view/142>>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

DUSO, L.; CLEMENT, L.; PEREIRA, P. B.; FILHO, J. P. A. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. MG, v. 15, n. 02, p. 29-44, 2013. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/671/1288>>. Acesso em: 20 de nov. de 2013.

EILAM, B.; REITER, S. Long-term self-regulation of biology learning using standard junior high school Science curriculum. **Science Education**. v. 98, n. 04, p. 705-737, 2014.

FABRÍCIO, M.F.L.; JÓFILI, Z.M.S.; SEMEN, L.S.M., LEÃO, A.M.A.C. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, MG. v. 08, n. 01, p. 1-21, jul. de 2006. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/106/158>>. Acesso em: 19 de mai. de 2015.

FALA, A.M.; CORREIA, E.M.; PEREIRA, H.D'M. Atividades práticas no ensino médio: uma abordagem experimental para aulas de genética. **Ciências & Cognição**. v. 15, n. 01, p. 135-154, 2010. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/248/165>>. Acesso em: 12 de mar. de 2017.

FANG, Z. Scientific literacy: a systemic functional linguistics perspective. **Science Education**. v. 89, p. 335-347, 2005. doi: 10.1002/sce.20050. Acesso em: 28 de jun. de 2014.

FERREIRA, F.E.; CELESTE, J.L.L.; SANTOS, M.C.; MARQUES, E.L.C.R.; VALADARES, B.L.B.; OLIVEIRA, M.S. "Cruzamentos mendelianos": o bingo das ervilhas. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 01, p. 05-12, 2010. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/b703be_ea3ed8913d6b459f9afa779ce28a5877.pdf>. Acesso em: 01 de mar. de 2015.

FONTOURA, H.A.; PIERRO, G.M.S.; CHAVES, I.M.B. **Didática: do ofício e da arte de ensinar**. Niterói: Rio de Janeiro: Intertexto, 2011, 152p.

FRANCO, M.L.P.B. **Análise de conteúdo**. Brasília, 4ª ed.: Liber Livro, 2012, 94p.

FRANZOLIN, F. Conteúdos básicos de genética para o ensino médio: comparando as opiniões dos professores da educação básica, dos docentes do ensino superior e dos documentos curriculares estaduais. In: **IX Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias**. Anais. Girona, ES, p. 1373-1377, 2013. Disponível em: <http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_1436.pdf>. Acesso em: 13 de mar. de 2014.

- FREIRE-MAIA, N. **Gregor Mendel: vida e obra**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995, 97p.
- FREITAS, C.A. O papel do professor na escolarização dos saberes: produção e reprodução de discursos sobre a genética mendeliana. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, MG. v. 15, n. 03, p. 97-112, set-dez, 2013. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/1112/1337>>. Acesso em: 23 de dez. de 2013.
- GOBORA, S.T.; VINHOLI JR.; A.J. Ensino em modelos como instrumento facilitador da aprendizagem em Biologia Celular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. [s.l.], v. 15, n. 03, p. 450-475, 2016. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_3_8_ex961.pdf>. Acesso em: 26 de dez. de 2016.
- GÓES, A.C.S.; OLIVEIRA, B.V.X. Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista Ciência Hoje. **Revista Ciência & Educação**. Bauru: SP, v. 20, n. 03, p. 561-577, jul-set, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n3/1516-7313-ciedu-20-03-0561.pdf>>. Acesso em: 10 de out. de 2014.
- GOLDBACH, T.; PEREIRA, W.A.; SILVA, B.A.F.S.; OKUDA, L.V.O.; SOUZA, N.R. Diversificando estratégias pedagógicas com jogos didáticos voltados para o ensino de biologia: ênfase em genética e temas correlatos. In: **IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Anais. Girona, ES, p. 1566-1572, 2013. Disponível em: <http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_1373.pdf>. Acesso em: 20 de jun. de 2014.
- GOUW, A.M.S.; MOTA, H.S.; BIZZO, N. O currículo de ciências e o interesse dos estudantes brasileiros: uma aproximação necessária. **Cadernos Cenpec**. [s.l.], v. 03, n. 02, p. 07-32, 2013. Disponível em: <<http://cadernos.cenpec.org.br/cadernos/index.php/cadernos/article/view/257/256>>. Acesso em: 07 de mar. de 2015.
- GUNEL, M.; HAND, B.; McDermott, M.A. Writing for different audiences: effects on high-school students' conceptual understanding of biology. **Learning and Instruction**. [s.l.], v. 19, n. 04, p. 354-367, aug. 2009.
- HUIZINGA, J. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. Tradução: Monteiro, J.P. 6ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2010, 243p.
- IRLES, M.G.; HUERTAS, Y.S.; ORTELLS, J.M. Aprendizaje basado en problemas en Biología Celular: una forma de explorar la ciencia. **Revista de Educación en Biología**. Argentina, v. 16, n. 02, p. 67-77, 2013. Disponível em: <<http://www.revistaadbia.com.ar/ojs/index.php/adbia/article/view/216/pdf>>. Acesso em: 23 de dez. de 2013.
- IVO, A.A.; HYPOLITO, A.M. Políticas geracionais em educação: efeitos sobre o trabalho docente. **Currículo sem Fronteiras**. v. 15, n. 02, p. 365-379, maio/ago. 2015. Disponível em: <<http://www.curriculosemfronteiras.org/vol15iss2articles/ivo-hypolito.pdf>>. Acesso em: 03 de jan. de 2016.
- JOAQUIM, L.M.; EL-HANI, C.N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Revista Scientiae Studia**. São Paulo, v. 08, n. 01, p. 93-128, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ss/v8n1/a05v8n1.pdf>>. Acesso em: 20 de jun. de 2014.
- JUSTINA, L.A.D.; FERLA, M.R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucariótico. **Revista Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar - MUNDI**. Maringá, PR, v. 10, n. 02, p. 35-40, 2006. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19924/10818>>. Acesso em: 14 de jun. de 2014.

KALAS, P.; O'NEILL, A.; POLLOCK, C. BIROL, G. Development of a Meiosis Concept Inventory. **CBE - Life, Sciences Education**. v. 12, n. 04, p. 655-664, 2013. doi: 10.1187/cbe.12-10-0174. Acesso em: 24 de jun. de 2014.

KISHIMOTO, T.M. (Org). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 14ª ed. São Paulo: Cortez, 2011, 207p.

KNIPPELS, M-C.P.J.; WAARLO, A.J.; BOERSMA, K.T. Design criteria for learning and teaching genetics. **Journal of Biological Education**. [s.l.]. v. 39, n. 03, p. 108-112, 2005. doi: 10.1080/00219266.2005.9655976. Acesso em: 24 de jan. de 2014.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2007, 87p.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011, 200p.

LEAL, C.A. (a). **VAMOS BRINCAR DE QUÊ? Os jogos cooperativos no ensino de ciências**. 2013. 166f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PROPEC), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis. Orientadora: Profa. Dra. Giselle Rôças. Nilópolis, 2013. Disponível em: <http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/5402>. Acesso em: 13 de out. de 2013.

_____. (b). Ensino de Biologia e seu utilitarismo ainda atual no currículo escolar: reflexões sobre a educação pública estadual do Rio de Janeiro. In: **VI Colóquio Internacional de Políticas e Práticas Curriculares**. Anais. João Pessoa, PB, p. 707-722, 2013.

_____; SANTOS, S.M.; DIONYSIO, L.G.; OLIVEIRA, V.L.; RÔÇAS, G. BARBOSA, J.V. A célula por estudantes do primeiro ano do ensino médio. In: **VII Encontro Regional de Ensino de Biologia – EREBIO**. Anais. Niterói, RJ, p. 401-407, 2015. Disponível em: <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/12/VII_EREBIO_Anais_Final_14_12.pdf>. Acesso em: 17 de jan. de 2016.

_____; RÔÇAS, G.; BARBOSA, J.V. A genética na educação básica. In: **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**. Anais. Águas de Lindóia, SP, p. 01-08, 2015. Disponível em: <http://www.xenpec.com.br/anais2015/lista_area_10.htm>. Acesso em: 01 de dez. de 2015.

_____. A genética e seus conteúdos estruturantes na investigação de livros do PNLD 2015. **Debates em Educação Científica e Tecnológica**. Vitória, ES, v. 06, n. 03, set. p. 66-91, 2016. Disponível em: <<http://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/viewFile/483/414>>. Acesso em: 04 de out. de 2016.

_____; RÔÇAS, G. Análise de conteúdo: um instrumento metodológico para o ensino de ciências. In: OLIVEIRA, A.L.; VIEIRA, V.S. (Org). **Nossos Talentos: 10 anos do PROPEC/IFRJ**. 1ª ed. Nova Iguaçu: Editora Entorno, 2017, p. 201-223.

_____; SANTOS, S.M.; ROCHA, R.C.M.; LEAL, M.A.; RÔÇAS, G.; BARBOSA, J.V. Concepções discentes: por que os filhos se parecem com os pais? In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**. Anais. Florianópolis, SC, p. 01-09, 2017. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=concep%E7%F5es+discentes>>. Acesso em: 24 de set. de 2017.

MALAFIA, G.; BÁRBARA, V.F.; RODRIGUES, A.S.deL. Análise das concepções e opiniões de discentes sobre o ensino da biologia. **Revista Eletrônica de Educação**. São Carlos, SP, v. 04, n. 02, nov. p. 165-182, 2010. Disponível em: <<http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/viewFile/94/88>>. Acesso em: 22 de jul. de 2011.

MALDONADO, E.R. (Org). **Aprendizaje en Ciencia, Matemáticas y Tecnología**. vol. 02, n. 02, 2015.

MANFRIM, A.; BENEDYKT, B.I.; BATISTA, C.M.; YOSHISAKI, M.; BEZERRA, T.B. Cinema e vídeo em escolas da rede pública de São Paulo: experiência de ensino e aprendizagem. **Revista Cultura e Extensão USP**. São Paulo, n. 11, p. 65-72, mai de 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rce/article/view/80061/83957>>. Acesso em: 13 de març. de 2017.

MARANDINO, M.; SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S.; AMORIM, A.C.R (Orgs). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. Niterói: EdUFF, 2005, 205p.

MARANDINO, M.; SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009, 215p.

MARCH, A.F. Metodologías activas para la formación de competencias. In: **Educatio Siglo XXI**. [s.l.], 2006, p. 35-56. Disponível em: <<http://revistas.um.es/educatio/article/view/152/135>>. Acesso em: 21 de jan. de 2014.

MARTINS, L. A-C. P. Bateson e o programa de pesquisa mendeliano. **Episteme**. Porto Alegre: RS, n. 14, p. 27-55, jan-jul, 2002. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/geneticavegetal/Pesquisamendeliana.pdf>>. Acesso em: 24 de jun. de 2014.

_____. Um representante do estilo de pensamento científico “compreensivo”, William Bateson (1861-1926): ciência, política e arte. **Filosofia e História da Biologia**. SP, v. 07, n. 01, p. 55-69, 2012. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-07-1/FHB-07-1-04-Lilian-ACP-Martins.pdf>>. Acesso em: 07 de jan. de 2015.

MATURANA, H.R.; VARELA, F.J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. Tradução: Humberto Mariotti e Lia Diskin. 9ª ed. São Paulo, SP: Palas Athena, 2011, 283p.

_____. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Tradução: Cristina Magro e Victor Paredes. 2ª. ed. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2014, 219p.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1998, 1107p.

_____. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. Tradução: Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005, 266p.

MBAJIORGU, N.M.; EZECHI, N.G.; IDOKO, E.C. Addressing nonscientific presuppositions in genetics using a conceptual change strategy. **Science Education**. v. 93, n. 03, p. 419-438, 2007.

MELO, J.R.; CARMO, E.M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Revista Ciência & Educação**. Bauru, SP, v. 15, n. 03, p. 593-611, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v15n3/09.pdf>>. Acesso em: 26 de jun. de 2015.

MENDES, R.V. Experimento de hibridação de plantas: o artigo de Gregor Mendel. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 08, n. 01, p. 86-103, 2013. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2013/04/VersPress/Genetica-na-Escola-81-Artigo-10_Press.pdf>. Acesso em: 14 de jun. de 2014.

MONTEIRO, A.M. Formação docente: território contestado. In: MARANDINO, M.; SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S.; AMORIM, A.C.R. (Org.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. 1ª ed. Niterói: EDUFF, 2005, p. 153-170.

MORA, F. **Neuroeducación: solo se puede aprender aquello que se ama**. 2ªed. Madrid: Alianza editorial, 2017, 245p.

MORI, L.; PEREIRA, M.A.Q.R.; VILELA, C.R. Meiose e as leis de Mendel. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 06, n. 01, p. 34-41, 2011. Disponível em:

<<http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-61-Artigo-08.pdf>>. Acesso em: 13 de jul. de 2014.

NASCIMENTO, J.M.L.; MEIRELLES, R.M.S. O conceito de genoma na perspectiva de discentes do ensino médio de escolas localizadas em áreas carentes do estado do Rio de Janeiro. **Ensino, Saúde e Ambiente**. Niterói: RJ, v. 07, n. 01, p. 01-12, 2014. Disponível em:

<<http://ensinosaudeambiente.uff.br/index.php/ensinosaudeambiente/article/view/229/169>>. Acesso em: 16 de out. de 2017.

NEVES, L.A.S.das; FELIN, G.; GONÇALVES, C.E.P.; KAUFMANN, P.A.; HOFFMANN, C.E.F. Os longínquos precursores de Mendel. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 06, n. 02, p. 54-55, 2011. Disponível em: <<http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-62-Artigo-09.pdf>>. Acesso em: 17 de mai. de 2014.

_____; FELIN, G.; NOAL, G.P.; HOFFMANN, C.E.F.; MAY, M.W. Os longínquos antecessores de Mendel II. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 07, n. 02, p. 42-45, 2012. Disponível em: <<http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-72-Artigo-03.pdf>>. Acesso em: 17 de mai. de 2014.

_____; SPAT, C. FELIN, G.; NOAL, G.P.; QUINTO, G. Os longínquos antecessores de Mendel III. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 08, n. 02, p. 178-182, 2013. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2013/08/VersPress/RevtaGenEsc_8_02_Art07_Press.pdf>. Acesso em: 17 de mai. de 2014.

NUNES, F.B.; MOURA, T.B.; HAHN, C.S.R.; MARIA, S.A.A.; BEHAR, P.A. Um estudo de caso sobre a importância do uso de objetos de aprendizagem no ensino fundamental como apoio pedagógico. In: **3º Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2014) e 20ª Workshop de Informática na Escola (WIE 2014)**. p. 542-551, 2014. Disponível em: <<http://br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/3139/2647>>. Acesso em: 13 de març. de 2017.

OLIVEIRA, D.A.; JORGE, T.A.S. As políticas de avaliação, os docentes e a justiça escolar. **Currículo sem Fronteiras**. v. 15, n. 02, p. 346-364, mai/ago. 2015. Disponível em: <<http://www.curriculosemfronteiras.org/vol15iss2articles/oliveira-jorge.pdf>>. Acesso em: 02 de jan. de 2016.

OLIVEIRA, J.R.S.; QUEIROZ, S.L. A retórica da linguagem científica em atividades didáticas no Ensino Superior de Química. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. vol. 04, n. 01, p. 89-115, mai, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37548/28836>>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

OLIVEIRA, M.C.A.; TRINDADE, G.S. Análise de artigos apresentados nos Encontros Nacionais de Ensino de Biologia (ENE BIO) sobre o tema aulas práticas experimentais. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - IX ENPEC**. Anais. Águas de Lindóia, SP, p. 01-07, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0057-1.pdf>>. Acesso em: 21 de out. de 2017.

OLIVEIRA, M.M. **Sequência Didática Interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013, 285p.

OLIVEIRA, R.J. Ensino científico e ética: tecendo uma interseção. In: MARANDINO, M.; SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S.; AMORIM, A.C.R. (Org.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. 1ª ed. Niterói: EDUFF, 2005, p. 65-75.

PAZ, A.M.; ABEGG, I.; ALVES-FILHO, J.P. OLIVEIRA, V.L.B. Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, MG. v. 08, n. 02, 2006. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/113/164>>. Acesso em: 07 de fev. de 2016.

PEDRANCINI, V.D.; CORAZZA, M.J.; GALUCH, M.T.B. Mediação pedagógica e a formação de conceitos científicos sobre hereditariedade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**. [s.l.], v. 10, n. 01, p. 109-132, 2011. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART6_Vol10_N1..pdf>. Acesso em: 03 de mar. de 2014.

PEDROSO, C.V.; ROSA, R.T.N.; AMORIM, M.A.L. Uso de jogos didáticos no ensino de Biologia: um estudo exploratório nas publicações veiculadas em eventos. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Anais. Florianópolis, SC, p. 01-12, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/407.pdf>>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

PEREIRA, M.V.; FERRARO, J.L.S. Currículo e práticas de controle: o caso da gripe H1N1. **Currículo sem Fronteiras**. v. 11, n. 02, p. 135-146, jul/dez de 2011. Disponível em: <<http://www.curriculosemfronteiras.org/vol11iss2articles/pereira-ferraro.pdf>>. Acesso em: 24 de jan. de 2015.

PÉREZ, J.Á.M.; MUÑOZ, A.M.; PEÑA, J. Aprendizaje de la célula em alunos de Educación Secundaria Obligatoria: la influencia del contexto sócio-económico familiar em tempos de crisis. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**. [s.l.], v. 16, n. 03, p. 483-501, 2017. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_3_4_ex1164.pdf>. Acesso em: 01 de out. de 2017.

PIASSI, L.P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de ‘encontrar erros em filmes’. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 35, n. 03, p. 525-540, set-dez, 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/ep/article/viewFile/28208/30024>>. Acesso em: 19 de mar. de 2017.

PIEVANI, T. **Introdução à filosofia da Biologia**. Tradução: Silvana Cobucci Leite. São Paulo. Loyola, 2010, 287p.

PORRAS, F.J.I.; OLIVÁN, M.P. Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. Cádiz, ES, v. 10, n. 03, sept., p. 307-327, 2013. Disponível em: <<http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15441/2-336-lniguez.pdf?sequence=7>>. Acesso em: 26 de out. de 2013.

POZO, J.I.; CRESPO, M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências. Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução: Naila Freitas. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 296p.

PRESTES, M.E.B.; MARTINS, L.A-C.P. Antes de Mendel: Joseph Kölreuter e as pesquisas de hibridização de plantas. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 11, n. 02, supl., p. 266-271, 2016. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/b703be_ccc49539901244d1abb9321754b2316a.pdf>. Acesso em: 09 de jan. de 2017.

REIS, A.R.H.; SILVA, C.C.; BORGES, C.K.G.D. Análise das dificuldades dos alunos acerca das cromossomopatias: uma abordagem baseada na metodologia da teoria fundamentada. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências – Areté**. Manaus, AM, v. 09, n. 19, jul/dez, p. 239-253, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/996/889>>. Acesso em: 03 de jan. de 2017.

REVERSI, L.F.; OLIVEIRA, T.B.; CALDEIRA, A.M.A. Concepção de gene em alunos egressos e ingressos de um curso de licenciatura em ciências biológicas. In: **X Jornadas Nacionales e V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología: Entretejiendo la enseñanza de la Biología em um urdimbre emancipadora**. Anais. Córdoba, Argentina, p. 775-780, 2012. Disponível em: <<http://congresoadb2012.com/ocs/index.php/adb2012/adb2012/paper/view/65/201>>. Acesso em: 13 de mar. de 2014.

RIBEIRO, R.A.; SANTOS, R.S. O processo de formação de professores de biologia e a interferência das tecnologias e mídias no ensino de genética e biologia molecular. **Scire Salutis**. Aquidabã, SE, v. 03, n. 01, p. 49-61, 2013. Disponível em: <<http://sustenere.co/journals/index.php/sciresalutis/article/view/ESS2236-9600.2013.001.0005/235>>. Acesso em: 05 de abr. de 2014.

RIO DE JANEIRO. Secretaria do Estado de Educação do Rio de Janeiro. **Currículo Mínimo 2012 – Ciências e Biologia**. 2012. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/seeduc/exibeconteudo?article-id=759820>>. Acesso em: 21 de jun. de 2014.

RIO DE JANEIRO. **DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**. Decreto nº 45.692 de 17 de junho de 2016. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/dl/calamidade-publica.pdf>>. Acesso em: 16 de mar. de 2018.

RODRIGUES, R.F. O uso de modelagens representativas como estratégia didática no ensino da genética: um estudo de caso. **Experiências em Ensino de Ciências**. MT, v. 07, n. 02, p. 53-66, 2012. Disponível em: <http://if.ufmt.br//eenci/artigos/Artigo_ID182/v7_n2_a2012.pdf>. Acesso em: 03 de mar. de 2014.

ROQUETE, D.A.G. **Modernização e retórica evolucionista no currículo de Biologia: Investigando livros didáticos das décadas de 1960/70**. 2011. 87f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Educação. Campus Praia Vermelha. Orientadora: Profa. Dra. Marcia Serra Ferreira. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.educacao.ufrj.br/ppge/dissertacoes/Dissertacao_Diego_Amoroso.pdf>. Acesso em: 30 de dez. de 2013.

RUI, H.M.G.; LEONOR, P.B.; LEITE, S.Q.M.; AMADO, M.V. Uma prova de amor: uso do cinema como proposta pedagógica para contextualizar o ensino de genética no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, PR, v. 06, n. 02, maio-ago, 2013. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/rbect/article/view/1642/1050>>. Acesso em: 03 de mar. de 2014.

SACRISTÁN, J.G. (Org) **Saberes e incertezas sobre o currículo**. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre,RS: Penso, 2013, 542p.

SALZANO, F.M. (Org.). **Recordar é viver: a história da Sociedade Brasileira de Genética**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética – SBG, 2011, 216p.

SANTOS, F.D.; SILVA, A.F.; FRANCO, F.F. 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros? **Ciência & Educação**. Bauru: SP, v. 21, n. 04, p. 977-989, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n4/1516-7313-ciedu-21-04-0977.pdf>>. Acesso em: 09 de nov. de 2015.

SANTOS, R.V. Abordagens do processo de ensino e aprendizagem. **Integração**. SP, n. 40, jan-mai, 2005. Disponível em: <ftp://www.usjt.br/pub/revint/19_40.pdf>. Acesso em: 19 de jan. de 2014.

SCHEID, N.M.J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 01, n. 01, p. 17-18, 2006. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_a_ciencia_genetica.pdf>. Acesso em: 18 de jun. de 2015.

SCHEID, N.M.J.; FERRARI, N. DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Revista Ciência & Educação**. Bauru. v. 11, n. 02, p. 223-233, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/05.pdf>>. Acesso em: 12 de mar. de 2017.

SCHNEIDER, E.M.; JUSTINA, L.A.D.; ANDRADE, M.A.B.S.; OLIVEIRA, T.B.; CAIDEIRA, A.M.A.; MEGLHIORATTI, F.A. O conceito de genes: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.16, n. 02, p. 201-222, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID261/v16_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 03 de jan. de 2015.

SCHUNEMANN, H.E.S.; DUARTE, E.C.; SOUZA, E.C.de; AMORIM, M.B.B. Metodologias ativas de ensino: um instrumento significativo no ensino-aprendizagem de genética. In: **XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino (ENDIPE)**. Anais. Campinas, SP, 2012, p. 01-09.

SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S. Disciplina escolar biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S.; AMORIM, A.C.R. (Org.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. 1ª ed. Niterói: EDUFF, 2005, p. 50-62.

SELLES, S.E.; CASSAB, M. (Org.) **Currículo, docência e cultura**. Niterói, RJ: Editora da UFF, 2012, 391p.

SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S.; BARZANO, M.A.L.; SILVA, E.P.Q. **Ensino de Biologia: histórias, saberes e práticas formativas**. Uberlândia, MG: EDUFU, 2009, 310p.

SETÚVAL, F.A.R.; BEJARANO, N.R.R. Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Anais. Florianópolis, SC, p. 01-12, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/1751.pdf>>. Acesso em: 30 de dez. de 2013.

SILVA, A.A.; RAZERA, J.C.C. A utilização do *software* GBOL no ensino de tópicos específicos de genética. **EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa**. n. 22; p. 01-10, dec, 2006. Disponível em: <<http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/503/237>>. Acesso em: 12 de mar. de 2017.

SILVA, A.A.; JACOMINI, M.A. A pós-graduação e a pesquisa sobre/na educação básica: relações e proposições. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 43, n. 03, p. 629-649, jul/set. 2017. Disponível em: <<http://www.journals.usp.br/ep/article/view/136775>>. Acesso em: 07 de mar. de 2018.

SILVA, M.C.C.P.; ARAÚJO, F. A utilização da literatura de cordel como ferramenta pedagógica para a compreensão de conhecimentos de Biologia. In: **III Encontro de Iniciação à Docência da UEPB**. Anais. p. 01-10, 2013. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/trabalhos/Modalidade_3datahora_01_10_2013_16_50_21_idinscrito_396_1434b9350ec610c1c1138351a8aa0400.pdf>. Acesso em: 13 de mar. de 2017.

SILVA, M.M. Geração à deriva: jovens *nem nem* e a surperfluidade da força de trabalho no capital-imperialismo. **Revista de Educação Pública**. Cuiabá, MT. v. 25, n. 58, p. 119-136, jan/abr., 2016. Disponível em:

<<http://periodicoscientificos.ufmt.br/index.php/educacaopublica/article/view/2136/pdf>>. Acesso em: 05 de fev. de 2016.

SILVA, E.P.Q.; CICILLINI, G.A. Cultura, educação e produção curricular na Biologia: o tema corpo humano como pretexto. In: SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S.; BARZANO, M.A.L.; SILVA, E.P.Q.(Org). **Ensino de Biologia: histórias, saberes e práticas formativas**. 1ª ed. Uberlândia: EDUFU, 2009, p. 149-172.

SILVEIRA, R.V.M.da. Breve história de um homem, do ensino e da genética no Brasil: Oswaldo Frota-Pessoa. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 01, n. 02, p. 31-33, 2006. Disponível em: <<http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-12-Artigo-01.pdf>>. Acesso em: 30 de dez. de 2013.

SILVÉRIO, L.E.R.; MAESTRELLI, S.R.P. Ensinar Genética resolvendo problemas: o potencial de uma estratégia didática. In: Duso, L.; Hoffmann, M.B. (Org.). **Docência em Ciências e Biologia – Propostas para um continuado (re)iniciar**. 1ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2013, p. 175-204.

SNUSTAD, P.D.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de genética**. Tradução: Cláudia Lúcia Caetano de Araújo, 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013, 739p.

SOUSA, G.P.; TEIXEIRA, P.M.M. Educação CTS e genética. Elementos para a sala de aula: potencialidades e desafios. **Experiências em Ensino de Ciências**. MT, v. 09, n. 02, p. 83-103, 2014. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID244/v9_n2_a2014.pdf>. Acesso em: 30 de nov. de 2014.

SOUZA, V.S.; DORNELLES, R.C.; COIMBRA JR.; SANTOS, R.V. História da genética no Brasil: um olhar a partir do Museu da Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**. v. 20, n. 02. p. 675-694, abr/jun de 2013. doi: 10.1590/S0104-59702013000200018. Acesso: 17 de set. de 2016.

TEMP, D.S.; CARPILOVSKY, C.K.; GUERRA, L. Cromossomos, gene e DNA: utilização de modelo didático. **Revista Genética na Escola**. SP, n. 01, p. 09-11, 2011. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/b703be_e3d05592824b439889cfbb7fd871a9b1.pdf>. Acesso em: 01 de mar. de 2015.

TEMP, D.S.; SANTOS-BARTHOLOMEI, L.M. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Electrónica de Investigación em Educación em Ciências**. v. 08, n. 02, dec, p. 13-20, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-66662013000200002&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 12 de mar. de 2017.

_____. Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do ensino médio. **Revista Ciência e Natura**. Santa Maria. v. 36, n. 02, set-dez. p. 358-372, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/13619>>. Acesso em: 12 de mar. de 2017.

THÖRNE, K., GERICKE, N. M. e HAGBERG, M. Linguistic Challenges in Mendelian Genetics: Teachers' Talk in Action. **Science Education**. v. 97, n. 05, p. 695–722, 2013. doi: 10.1002/sce.21075. Acesso em: 28 de jun. de 2014.

TRIVELATO, S.L.F. Que corpo/ser humano habita nossas escolas? In: MARANDINO, M.; SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S.; AMORIM, A.C.R. (Org.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. 1ª ed. Niterói: EDUFF, 2005, p. 65-75.

TRIVELATO, S.L.F.; TONIDANDEL, S.M.R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, MG. v. 17, n. sep, p. 97-114, nov, 2015. doi.org/10.1590/1983-2117201517s0. Acesso em: 20 de mai. de 2016.

VESTENA, R.F.; LORETO, E.L.S.; SEPEL, L.M.N. Construção do heredograma da própria família: uma proposta interdisciplinar e contextualizada para o ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**. [s.l.], v. 14, n. 01, p. 1-16, 2015. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_1_1_ex744.pdf>. Acesso em: 25 de jan. de 2015.

VIEIRA, R.M.; VIEIRA, C. **Estratégias de ensino/aprendizagem**. Coleção: Horizontes Pedagógicos. Lisboa: Instituto Pedagógico, 2005, 148p.

VILAS BOAS, J.; BARBOSA, J.C. Aprendizagem do professor: uma leitura possível. **Revista Ciência & Educação**. Bauru: SP, v. 22, n. 04, p. 1097-1107, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-73132016000401097&lng=es&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 26 de dez. de 2016.

VIVIANI, L.M. **A Biologia necessária: formação de professores e escola normal**. São Paulo: Argvmentvm, 2007. 270p.

WENZEL, J.S. A pesquisa como metodologia de ensino nas aulas de ciências: um caminho para a apropriação da linguagem científica. In: GÜLLICH, R.I.C. (Org.). **Didática das ciências**. 1ª ed. Curitiba: Prismas, 2013, p. 119-136.

WILLIAMS, M.; DEBARGER, A.H.; MONTGOMERY, B.L.; ZHOU, X.; TATE, E. Exploring middle school students' conceptions of the relationship between genetic inheritance and cell division. **Science Education**. v. 96, n. 01, p. 78-103, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ
Instituto Oswaldo Cruz - IOC
Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde - EBS

A genética no currículo escolar de biologia: uso de estratégias didáticas para construção de um viés para o seu ensino e aprendizagem

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)

(em acordo com as Normas da Resolução nº 466, do Conselho Nacional de Saúde, de 2012)

Você, estudante do Colégio Estadual Profª Alda Bernardo dos Santos Tavares, está sendo convidado para participar da pesquisa: **“A genética no currículo escolar de biologia: uso de estratégias didáticas para construção de um viés para o seu ensino e aprendizagem”**. Você foi selecionado para participar do projeto e responder a um questionário, contudo sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora e nem com qualquer setor desta Instituição.

O objetivo deste estudo é explorar variadas estratégias didáticas para o ensino de genética mendeliana a fim de propor mudanças em seu ensino e aprendizagem, e organizá-las em sequências didáticas. Além dos objetivos específicos da pesquisa que são: analisar o currículo de biologia; elaborar estratégias didáticas; planejar o uso das estratégias por meio das sequências didáticas; aplicar as estratégias; discutir com os participantes as atividades; avaliar as estratégias e sugerir oficinas para a formação continuada de docentes.

Os riscos relacionados à sua participação nesta pesquisa se referem a constrangimentos em responder os questionários ou em participar das atividades propostas. Caso aconteçam, você pode se recusar a participar no todo ou em parte do projeto sem que haja qualquer forma de prejuízo no seu relacionamento com os pesquisadores ou com a instituição de ensino.

As informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e assegura-se o sigilo sobre a sua participação. Sua participação e colaboração é importante para alcançar o objetivo da nossa pesquisa. Os dados serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos e/ou educativos.

Participar desta pesquisa não implicará nenhum custo para você, e, como voluntário, você também não receberá qualquer valor em dinheiro como compensação pela participação.

Você receberá uma cópia deste termo com o e-mail de contato da professora que acompanhará a pesquisa para maiores esclarecimentos.

_____ Data: ____/____/2015.
Assinatura da pesquisadora / Cristianni A. Leal

Instituição: Fundação Oswaldo Cruz – Instituto Oswaldo Cruz
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP
Telefone CEP: (21) 3882-9011 Fax: (21) 2561-4815
E-mail: etica@fiocruz.br / cepfiocruz@ioc.fiocruz.br
Endereço do CEP: Av. Brasil, 4036, sala 705, Prédio da Expansão - Manguinhos - Rio de Janeiro - RJ CEP: 21040-360

Nome da pesquisadora: Cristianni A. Leal
Telefone: _____
E-mail: c_____

Declaro que entendi os objetivos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

_____ Data: ____/____/_____
Sujeito da pesquisa

Obs.: Em caso do estudante ser menor de idade (menor de 18 anos), solicita-se a assinatura do responsável e o número do Registro Geral (identidade) no espaço abaixo.

_____ RG: _____
(Assinatura do responsável e número do Registro Geral)

Magé, _____ de _____ de 2015.

APÊNDICE B – TERMO DE CESSÃO DE IMAGENS



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ
Instituto Oswaldo Cruz - IOC
Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde - EBS

A genética no currículo escolar de biologia: uso de estratégias didáticas para construção de um viés para o seu ensino e aprendizagem

CESSÃO DE DIREITOS SOBRE IMAGEM

Termo que trata de fotografias e filmagens.

Pelo presente documento, eu, _____,
(nome completo do participante)

Estudante do Colégio Estadual Profª Alda Bernardo dos Santos Tavares, da turma: _____,
do ano letivo de _____. Turno: () Manhã, () Tarde, () Noite.

Declaro ter conhecimento da cessão das imagens obtidas por meio da pesquisa “**A genética no currículo escolar de biologia: uso de estratégias didáticas para construção de um viés para o seu ensino e aprendizagem**”, sem restrições quanto aos seus direitos patrimoniais e financeiros. Estas imagens serão obtidas no período de abril de 2015, até dezembro de 2017, perante a pesquisadora Cristianni A. Leal, da pesquisa anteriormente citada, orientada pelo profº. Drº. Júlio Barbosa e coordenada pelo mesmo professor.

Cristianni A. Leal fica, assim, autorizada a utilizar, divulgar e publicar, para fins científicos, culturais e educativos as imagens para fins idênticos, segundo suas normas internas, com a única ressalva de sua integridade e indicação da fonte e autor.

_____ Data: ____/____/____
Assinatura da pesquisadora / Cristianni A. Leal

Sujeito da pesquisa: _____ Data: ____/____/____
(Assinatura do participante)

Obs.: Em caso do estudante ser menor de idade (menor de 18 anos), solicita-se a assinatura do responsável e o número do Registro Geral (identidade) no espaço abaixo.

_____ RG: _____
(Assinatura do responsável e número do Registro Geral)

Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz
Endereço: Av. Brasil, 4365 - Manguinhos - Rio de Janeiro - RJ - Brasil CEP: 21040-360

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP
Telefone CEP: (21) 3882-9011 Fax: (21) 2561-4815
E-mail: etica@fiocruz.br / cepfiocruz@ioc.fiocruz.br
Endereço do CEP: Av. Brasil, 4036, sala 705 Prédio da Expansão - Manguinhos – R.J. - RJ CEP: 21040-360

Nome da pesquisadora: Cristianni Leal
Telefone: _____
E-mail: ca _____

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS PARA O PRIMEIRO ANO

1º ano de 2015
Questionário: 01



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ
Instituto Oswaldo Cruz – IOC / Ensino em Biociências e Saúde – EBS

01

COLÉGIO ESTADUAL PROFESSORA ALDA BERNARDO DOS SANTOS TAVARES

Por favor, marque apenas uma opção e escreva de caneta e com letra legível.

IDENTIFICAÇÃO

Idade completa em 31 de dezembro de 2015: _____ Turno: ()M; ()T; ()N.

Nome: _____ Nº: _____
() Masculino () Feminino Turma: _____ Data: ____/____/2015.

DIAGNÓSTICO

01. Todo ser vivo possui o ácido desoxirribonucleico (DNA)?

() Sim () Não.

02. Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?

03. Para você, o que é célula?

04. No corpo dos seres vivos, onde há célula? Justifique

05. Quando ouve a palavra GENÉTICA, o que vem à sua mente?

06. Qual sua opinião sobre os nomes e termos que existem na BIOLOGIA? Disserte.

A () Todos são fáceis	D () Todos são difíceis
B () A maioria é fácil	E () Decoro os nomes e termos para ser aprovado(a) na matéria
C () A maioria é difícil	F () Tenho muita dificuldade em lembrar dos nomes e termos

06.1 Disserte sobre a opção marcada

07. Quem foi Gregor Mendel?

A () O cientista que descobriu o microscópio	B () Quem primeiro organizou a tabela periódica
C () O pai da Química, a ciência da vida	D () O monge que estudou a evolução das espécies
E () O pai da Genética, a ciência da hereditariedade	F () Nunca ouvi e nunca estudei sobre o assunto.

08. Explique em poucas palavras como você acha que se processa a transmissão das características de pais para filhos.

Obrigada por sua participação!

APÊNDICE D – PRIMEIRO QUESTIONÁRIO PARA O 3º ANO (19/08/2015)

3º ano de 2015
Questionário: 01



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ
Instituto Oswaldo Cruz – IOC / Ensino em Biociências e Saúde – EBS
Pesquisadora: Cristianni Leal

COLÉGIO ESTADUAL PROFESSORA ALDA BERNARDO DOS SANTOS TAVARES

Por favor, marque apenas uma opção e escreva de caneta e com letra legível.

IDENTIFICAÇÃO

Idade completa em 31 de dezembro de 2015: _____
Turma: () M; () J; () N.
Nome: _____ Nº: _____
() Masculino () Feminino
Turma: 30 _____ Data: ____/____/2015.

Sobre seu ensino médio (EM), estuda no Alda:

A () Desde o 1º ano do EM | B () Entrou no 2º ano do EM | C () Entrou no 3º ano do EM

DIAGNÓSTICO

01. Estudou GENÉTICA?

A () Nunca estudei genética
B () Estudei no 1º ano do Ensino Médio (EM) em biologia
C () Estudei no 2º ano do EM em biologia
D () Já estudei, mas não lembro de muita coisa
E () Já estudei, mas não lembro de nada
F () Sim, e lembro do que estudei
G () Sim, e gostei muito de ter estudado genética
H () Estudei/estudo em cursos fora, como enfermagem e Pré vestibular.
Outros: _____

02. GENÉTICA significa o quê?

A () É algo que existe apenas nos animais e plantas
B () É um tema de ficção científica
C () É algo que apenas os vírus possuem
D () Campo da ciência que estuda a hereditariedade
E () Tema de biologia que estuda o meio ambiente
F () Nunca ouvi e nunca estudei sobre o assunto.

03. Quem foi Gregor Mendel?

A () O cientista que descobriu o microscópio
B () Quem primeiro organizou a tabela periódica
C () O pai da Química, a ciência da vida
D () O monge que estudou a evolução das espécies
E () O pai da Genética, a ciência da hereditariedade
F () Nunca ouvi e nunca estudei sobre o assunto.

04. Existe importância para você aprender genética?

A () Sim, porque estuda sobre a hereditariedade
B () Sim, porque a genética está em todos os seres vivos
C () Não, porque a genética só existe nos vírus
D () Não, porque só existe genética no ensino de biologia. Não existindo genética na pesquisa científica
E () Sim, porque a genética é um ramo da pesquisa científica que tem reflexo na minha saúde
F () Não, porque a genética só é estudada em centros de pesquisa e estou no colégio. É um desperdício de tempo.

05. Todo ser vivo possui o ácido desoxirribonucleico (DNA)?
() Sim () Não.

06. Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?

07. Existe, ou não existe, associação entre o ácido desoxirribonucleico (DNA) e a genética?

A. () Não existe associação entre o DNA e a Genética
B. () Existe associação entre o DNA e a Genética
EXPLIQUE (justifique sua escolha)

08. Para você, o que é célula?

09. No corpo dos seres vivos, onde há célula? Justifique

10. Qual o seu grau de interesse pelo tema GENÉTICA?

A () Não estou interessado | B () Não faz diferença em

em aprender
C () Quero aprender por ser interessante
E () Quero aprender para minha vida

aprender, ou não aprender
D () Estou pouco interessado em aprender
F () É importante aprender porque me falaram isto

11. O que o termo MEIOSE quer dizer para você?

A () É a célula se multiplicando com o mesmo número de cromossomos
B () Parte da biologia que estuda a formação de células somáticas
C () Parte da biologia que estuda o meio ambiente
D () Divisão celular reducional
E () Divisão da célula haploide em diploide
F () Nunca ouvi e nunca estudei sobre o assunto.

12. Onde você identifica a GENÉTICA em seu corpo? Encontra-se onde?

13. Quando ouve a palavra GENÉTICA, o que vem à sua mente?

14. Gosta de BIOLOGIA? () SIM; () NÃO. Argumente:

15. Existe, ou não, importância no ensino de biologia para sua vida? () SIM () NÃO. Justifique.

16. Qual sua opinião sobre os nomes e termos que existem na BIOLOGIA? Disserte.

A () Todos são fáceis
B () A maioria é fácil
C () A maioria é difícil
D () Todos são difíceis
E () Decoro os nomes e termos para ser aprovado(a) na matéria
F () Tenho muita dificuldade em lembrar dos nomes e termos

16.1 Disserte sobre a opção marcada

17. Onde está a GENÉTICA? Encontra-se onde na Biologia?

18. Qual o tema de biologia que você mais se interessa em conhecer? Até 05 opções

A () Botânica	F () Zoologia	K () Citologia	P () Fisiologia humana
B () Anatomia humana	G () Genética	L () Evolução biológica	Q () Ecologia
C () Meio ambiente	H () Biotecnologia	M () Reinos	R () Biodiversidade
D () História da biologia	I () Doenças	N () Metabolismo celular	S () Mitose e meiose
E () Fotossíntese	J () Biol. molecular	O () Reprodução humana	T () Outros. Quais?

Se você marcou mais de uma opção, elenque as 05 que considera mais importante para a menos importante. Legível

1ª (mais importante) _____, 2ª _____, 3ª _____, 4ª _____, 5ª _____ (menos importante das opções que marcou)

19. Você compreende a linguagem da genética? Os "AA", "aa" e "Aa"?

A. () Não compreendo; B. () Sim, eu compreendo; C. () Não tenho a menor ideia do que se trata.

20. Essa linguagem (AA, aa, Aa) fala sobre o quê?

21. Você conhece a REVISTA GENÉTICA NA ESCOLA? () Sim; () Não.

Se sim, onde conheceu a Revista Genética na Escola (RGE)?

<<http://www.geneticanaescola.com.br/>>

Obrigada por sua participação!

APÊNDICE E - SEGUNDO QUESTIONÁRIO PARA O 3º ANO (02/12/2015)

3º ano de 2015
BIOLOGIA
Questionário: 02



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ
Instituto Oswaldo Cruz – IOC / Ensino em Biociências e Saúde – EBS
Pesquisadora: Cristianni Leal

01

COLÉGIO ESTADUAL PROFESSORA ALDA BERNARDO DOS SANTOS TAVARES

Por favor, marque apenas uma opção, escreva de caneta e com letra legível. Não consulte o celular ou o colega.

IDENTIFICAÇÃO

Idade completa em 31 de dezembro de 2015: _____ Turno: ()M; ()T; ()N.

Nome: _____ Nº: _____
() Masculino () Feminino Turma: _____ Data: ____/____/2015.

DIAGNÓSTICO

01. Sobre as informações contidas nos livros didáticos (LD); você confia no que é dito nos livros didáticos, ou não confia nas informações?

() Sim, eu confio nas informações do LD () Não, eu não confio nas informações do LD

02. Para você, o que é célula?

03. Qual é o recurso que você mais usa para estudar? (marcar a mais importante para você, apenas uma)

a. () Livros didáticos	b. () Internet
c. () Curso pré-vestibular	d. () Outros, quais? _____

04. O que gostaria de estudar em biologia? Por qual tema se interessa mais na área da BIOLOGIA?

05. O que lembra de MITOSE?

a. () Não lembro; b. () Lembro que é um processo _____

06. O que lembra de MEIOSE?

a. () Não lembro; b. () Lembro que é um processo _____

07. Existe, ou não existe, relação entre a molécula do DNA (ácido desoxirribonucleico), meiose e genética?

a. () Não existe relação; b. () Sim, há relação, mas não lembro; c. () Sim existe e é: _____

08. O que são células somáticas? O que são células germinativas?

() Não sei o que são células somáticas; () Não sei o que são células germinativas

09. Quando necessário, corrija as afirmativas:

- a. Só existe ácido desoxirribonucleico (DNA) no sangue. () Certo; () Errado
- b. Herdamos (nós, os humanos) as características genéticas de nossos pais por meio da fecundação, o pai produz o espermatozoide e a mulher o óvulo (ovócito II). () Certo; () Errado
- c. Todas as células são formadas por: membrana plasmática, citosol (citoplasma), ribossomos e material genético. () Certo; () Errado
- d. O ácido desoxirribonucleico (DNA) não é o material genético de todas as células. () Certo; () Errado
- e. Célula-ovo ou zigoto é a nossa (humanos) primeira célula. Formada após a fecundação. () Certo; () Errado
- f. Genética é a ciência que estuda somente o desenvolvimento das plantas. () Certo; () Errado

Se necessário responda atrás da folha.

Obrigada por sua participação!

APÊNDICE F - TEMAS DO *MOVIE MAKER*, DA FMD E TURMAS

Colégio Estadual Professora Alda Bernardo dos Santos Tavares

Professora: Cristianni Leal - Biologia

Grupos e temas

04 de dezembro de 2015

Nº, temas do *movie maker* e da FMD

1. Unicelular e pluricelular - 1004	11. Organelas citoplasmáticas, visão geral – 1006	21. Noções de embriologia animal (zigoto, blástula, gástrula, células tronco) - 1008
2. Célula procariótica - 1004	12. Cloroplasto – 1006	22. Genes alelos, incluir também recessivos e dominantes - 1008
3. Célula eucariótica animal – 1004	13. Ribossomos– 1006	23. Gregor Mendel, o pai da genética (biografia) - 1009
4. Célula eucariótica vegetal – 1004	14. Mitocôndria– 1006	24. 1ª lei de Mendel - 1009
5. Autotróficos e heterotróficos – 1004	15. Mitose - 1007	25. 2ª lei de Mendel– 1009
6. Membrana Plasmática – 1005	16. Meiose - 1007	26. Genótipo e fenótipo– 1009
7. Citoplasma – 1005	17. Charles Darwin (biografia) - 1007	27. Homozigoto e heterozigoto - 1009
8. Núcleo celular – 1005	18. Teoria da Evolução das espécies de Charles Darwin - 1007	-
9. RNA (mensageiro, ribossômico e transportador) – 1005	19. DNA (incluir também: genes, cromossomos e cromatina) - 1008	-
10. Fotossíntese - 1005	20. Genética (definição do que é e sua importância, visão geral) - 1008	-

**APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO PARA OS PROFESSORES AVALIADORES DA FMD
(04/12/2015)**

Questionário 01
Professor(a) do Alda



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ
Instituto Oswaldo Cruz – IOC / Ensino em Biociências e Saúde – EBS
Pesquisadora: Cristianni Leal

COLÉGIO ESTADUAL PROFESSORA ALDA BERNARDO DOS SANTOS TAVARES
Feira de Material Didático (FMD)

IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____ Tempo de magistério com diploma: _____.

Disciplina : _____ Formação: _____ Data: ____/12/2015.

1. Durante a explicação do tema, os alunos se apropriaram corretamente dos termos científicos da Biologia? Ou se mostraram confusos?

_____.

2. Você considera, ou não considera, que o material didático foi eficaz para o ensino e aprendizagem dos alunos? Comente.

_____.

3. Os estudantes do primeiro ano do ensino médio estão tendo, em 2015, pela primeira vez a disciplina Biologia, que contém muitos conteúdos abstratos, nomenclatura específica, privilegiando a memorização. Você considera que a FMD foi uma estratégia didática para abordar diversos temas da biologia, ou não? Comente.

_____.

4. Por meio da FMD, você professor, consegue fazer alguma aproximação com a sua disciplina?

_____.

5. Qual sua avaliação geral da FMD.

_____.

Obrigada!

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO PARA OS ESTUDANTES DE 2017 (AGOSTO DE 2017)

Ano de 2017
Questionário: 01



MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ
Instituto Oswaldo Cruz – IOC / Ensino em Biociências e Saúde – EBS

COLÉGIO ESTADUAL PROFESSORA ALDA BERNARDO DOS SANTOS TAVARES

Por favor, marque apenas uma opção e escreva de caneta e com letra legível.

• IDENTIFICAÇÃO:

Idade completa em 31 de dezembro de 2017: _____ Turno: ()M; ()T; ()N.
Nome: _____ Turma em 2015: 100____
() Masculino () Feminino Turma em 2017: _____ Data: ____/agosto de 2017.

• APRESENTAÇÃO:

No ano de 2015 você foi estudante da turma 1008 ou 1009, portanto, do primeiro ano do ensino médio. Durante o ano fizemos algumas atividades (estratégias didáticas); foram 09, a saber: 1) **Origami** do DNA; 2) **Painel de células** (células procarióticas e eucarióticas animal e vegetal); 3) cantou a **Música Ácidos Nucleicos**; 4) Fez a **Extração do DNA da cebola**; 5) fomos para a quadra e fizemos a **Quadrilha da Mitose**; 6) Apresentou **Seminários de artigos da Revista Genética na Escola (RGE)**; 7) Assistiu o filme **Gattaca**; 8) Produziu **vídeos no movie maker** sobre temas relacionados a citologia e genética; e 9) Fez a **Feira de Material Didático** (FMD) onde outros professores avaliaram vocês.

• DIAGNÓSTICO:

01. Escreva sobre a estratégia didática “Origami”.
02. Escreva sobre a estratégia didática “Painel de células”.
03. Escreva sobre a estratégia didática “Música ácidos nucleicos”.
04. Escreva sobre a estratégia didática “extração do DNA da cebola”.
05. Escreva sobre a estratégia didática “Quadrilha da mitose”.
06. Escreva sobre a estratégia didática “seminários de artigos da RGE”.
07. Escreva sobre a estratégia didática “filme Gattaca”.
08. Escreva sobre a estratégia didática “produção de vídeos no *movie maker*”.
09. Escreva sobre a estratégia didática “Feira de Material Didático”.
10. O que ficou destas 09 estratégias didáticas vividas por você? Desses 09 encontros, o que ficou?
11. Desses 09 encontros, do que gostaria de ter tido aula?
12. Das nove estratégias didáticas, qual gostou mais? Por quê?
13. Das nove estratégias didáticas, qual gostou menos? Por quê?
14. Dos conceitos de citologia e genética o que aprendeu?
15. Quando terminar o ensino médio o que pretende fazer? Pretende continuar estudando? Em quê?
16. Onde, nos seres vivos, fica o ácido desoxirribonucleico (DNA)?
17. Para você, o que é célula?
18. No corpo dos seres vivos, onde há célula? Disserte a respeito
19. Quando ouve a palavra GENÉTICA, o que vem à sua mente?
20. Quem foi Gregor Mendel?
21. Por que os filhos se parecem com os pais? Explique.
22. Onde você acha que deve aprender genética?
23. Quem você acha que deve te ensinar genética?
24. Cite 05 palavras que lhe vem à mente sobre genética?
25. O conhecimento, geral, o aprendido na escola e especificamente o de Biologia, é aplicado à sua vida? () sim; () não. Por quê? Explique sua resposta.

Obrigada por sua participação! <3

ANEXOS

ANEXO A – CURRÍCULO MÍNIMO DA SEEDUC-RJ DE BIOLOGIA (2012)

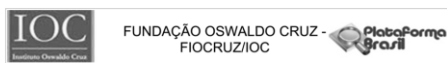
Série	Bimestre	Foco	Habilidades e Competências
1º ano do EM	1ºb	Origem da vida	Reconhecer a existência de diferentes explicações para a origem do universo, da Terra e da vida, bem como relacioná-las a concepções religiosas, mitológicas e científicas de épocas distintas. Relacionar os processos referentes à origem da vida a conceitos da Biologia e de outras ciências, como a Química e a Física. Reconhecer a célula como unidade morfofisiológica de todas as formas de vida.
	2ºb	Transmissão da vida	Identificar os mecanismos de transmissão da vida, reconhecendo a relação entre reprodução sexuada, hereditariedade, identidade e diversidade dos seres vivos. Associar a reprodução celular à transformação do zigoto em adulto e ao desenvolvimento de processos patológicos. Relacionar síntese de proteínas à ação dos genes, identificando, de modo geral, como ocorre a regulação da expressão gênica. Correlacionar genética, evolução e manutenção da vida na Terra.
	3ºb	Evolução das espécies	Reconhecer a importância da evolução na promoção de modelos, processos biológicos e organização da taxonomia dos seres vivos. Comparar, a partir de textos científicos e históricos, as teorias evolucionistas de Lamarck, Darwin e a neodarwinista. Identificar, filogeneticamente, as relações de parentesco entre os seres vivos.
	4ºb	Diversidade dos seres vivos	Reconhecer a diversidade de seres vivos no planeta, relacionando suas características aos seus modos de vida e aos seus limites de distribuição em diferentes ambientes, principalmente os brasileiros. Associar os processos genéticos à grande diversidade de espécies no planeta.
2º ano do EM	1ºb	Transformações essenciais à vida	Analisar os processos de obtenção de energia dos seres vivos, relacionando-os aos ambientes em que vivem. Reconhecer respiração aeróbia, anaeróbia, fermentação, fotossíntese e quimiossíntese como processos do metabolismo celular energético. Identificar a ocorrência de transformações de energia no metabolismo celular.
	2ºb	Manutenção dos sistemas multicelulares	Reconhecer a existência de diferentes tipos de células, identificando a formação, organização e funcionamento de cada uma delas, diferenciando, de modo geral, seus mecanismos bioquímicos e biofísicos. Relacionar a fisiologia dos organismos à produção de hormônios.
	3ºb	Manutenção dos sistemas multicelulares	Reconhecer a interdependência dos sistemas que asseguram e regula o funcionamento dos organismos e o papel dos mecanismos de controle e manutenção no equilíbrio dinâmico desses organismos. Caracterizar as funções vitais dos animais e plantas, identificando seus princípios básicos nos diferentes ambientes. Reconhecer a atuação dos diferentes mecanismos de defesa do organismo. Correlacionar o bom funcionamento do organismo à microbiota, assim como os problemas que podem ser acarretados por esses seres.
	4ºb	Doenças e promoção da saúde	Distinuir, entre as principais doenças, as infectocontagiosas e parasitárias, as degenerativas, as ocupacionais, as carenciais, as sexualmente transmissíveis (DST) e as provocadas por toxinas ambientais. Reconhecer, através de análise de dados, as principais doenças que atingem a população brasileira, correlacionando-as ao ambiente e à qualidade de vida, indicando suas medidas profiláticas. Elaborar propostas com vistas à melhoria das condições sociais, diferenciando as de responsabilidade individual das de cunho coletivo, destacando a importância do desenvolvimento de hábitos saudáveis e de segurança, numa perspectiva biológica e social.
3º ano do EM	1ºb	Humanidade e ambiente	Identificar critérios utilizados como indicadores sociais e de desenvolvimento humano e analisar de forma crítica as consequências do avanço tecnológico sobre o ambiente. Analisar perturbações ambientais, identificando agentes causadores e seus efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais. Reconhecer a importância dos ciclos biogeoquímicos para a manutenção da vida, identificando alterações decorrentes de ações antrópicas e suas consequências. Avaliar métodos, processos ou procedimentos utilizados no diagnóstico e/ou solução de problemas de ordem ambiental decorrentes de atividades sociais e econômicas.
	2ºb	Os ecossistemas	Identificar a importância dos diferentes grupos funcionais e suas interações na manutenção dos ecossistemas. Reconhecer padrões em fenômenos e processos fundamentais em sua organização. Reconhecer a importância do fluxo de energia para a vida e a ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesse processo, indicando mecanismos de obtenção, transformação e utilização de energia pelos seres vivos, considerando aspectos biológicos, físicos ou químicos.
	3ºb	Biotecnologia	Conhecer a natureza dos projetos genomas, em especial aqueles existentes no Brasil, e sua importância para o homem e o ambiente. Perceber a importância da ética na utilização de informações genéticas na promoção da saúde humana. Identificar as técnicas moleculares utilizadas na detecção e tratamento de doenças, assim como os testes de DNA, sua importância e abrangência e os custos envolvidos.
	4ºb	Biotecnologia	Reconhecer a legislação ambiental como de responsabilidade de todo cidadão e do poder público. Avaliar os aspectos éticos da Biotecnologia, reconhecendo seus benefícios e limitações. Julgar propostas de intervenção ambiental, visando à qualidade de vida, medidas de conservação, recuperação e utilização sustentável da biodiversidade.

Fonte: Currículo Mínimo (2012) – Biologia (Modificado).

Disponível em: <<http://www.conexaoescola.rj.gov.br/curriculo-basico/ciencias-biologia>>. Acesso em: 28 de ago. de 2017.

O Currículo Mínimo passou a ser chamado de “Currículo Básico”, mas não houve nenhuma alteração em seu conteúdo.

ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (15/10/2014)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A genética no currículo escolar de biologia: uso de estratégias didáticas para construção de um viés para o seu ensino e aprendizagem

Pesquisador: Cristiani Antunes Leal

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 31442214.1.0000.5248

Instituição Proponente: Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ/IOC

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 831.411

Data da Relatoria: 14/10/2014

Apresentação do Projeto:

O presente projeto visa estudar intervenções direcionadas ao ensino da genética mendeliana por meio de estratégias didáticas inovadoras. Assume como propósito central a promoção de alfabetização genética e a melhoria da educação biológica no ensino médio. Para tanto, a pesquisadora desenvolverá a pesquisa contando com estudantes do 1º e 3º ano do ensino médio durante aulas da disciplina de Biologia com o intuito de oferecer aos estudantes diversificadas estratégias didáticas para o ensino e aprendizagem da genética mendeliana. Os participantes são alunos de um colégio público da rede estadual situado no município de Magé.

Foram previstas atividades em 08 turmas do ensino médio.
A pesquisa será empírica, com uma abordagem qualitativa.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Explorar variadas estratégias didáticas para o ensino de genética mendeliana a fim de propor mudanças em seu ensino e aprendizagem, e organizá-las em sequências didáticas.

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Mangueiras **CEP:** 21.040-360
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 **Fax:** (21)2561-4815 **E-mail:** cepfocruz@ioc.fiocruz.br

Página 01 de 04



Continuação do Parecer: 831.411

Objetivos Secundários:

- 1-Analisar o currículo escolar de biologia, especificamente na parte que aborda a genética.
- 2-Elaborar estratégias didáticas de ensino e aprendizagem e planejar o seu uso em sequências didáticas de ensino.
- 3-Aplicar estratégias didáticas nas turmas que participarão do projeto.
- 4-Discutir com os participantes as atividades.
- 5-Avaliar as estratégias.
- 6-Sugerir oficinas para a formação continuada de docentes da Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro a respeito das estratégias didáticas de ensino e aprendizagem em genética mendeliana.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Risco:

A pesquisadora incluiu o risco no TCLE. A saber: "Os riscos relacionados à sua participação nesta pesquisa se referem a constrangimentos em responder os questionários ou em participar das atividades propostas. Caso aconteçam, você pode se recusar a participar no todo ou em parte do projeto sem que haja qualquer forma de prejuízo no seu relacionamento com os pesquisadores ou com a instituição de ensino."

Benefícios:

Segundo a pesquisadora seria: "proporcionar aos participantes uma proposta de aprendizagem por meio das metodologias ativas de ensino para a genética mendeliana"

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

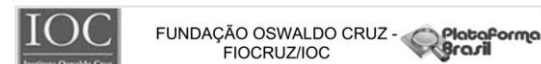
Trata-se de um projeto de doutorado.

Além de ser docente da disciplina de biologia da escola, a pesquisadora realizou o projeto de Especialização em Ensino em Biotécnicas e Saúde (IOC) nesse mesmo colégio em 2013 (com aprovação do CEP, segundo se informa).

A pesquisadora reviu a redação do objetivo primário e dos procedimentos metodológicos aperfeiçoando-os como sugerido por este CEP.

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Mangueiras **CEP:** 21.040-360
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 **Fax:** (21)2561-4815 **E-mail:** cepfocruz@ioc.fiocruz.br

Página 02 de 04



Continuação do Parecer: 831.411

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Em relação aos termos de apresentação obrigatória, foram postados:

1-Folha de rosto com assinatura da direção, do orientador e da aluna.

2-Termo de anuência da direção da escola para realizar o estudo.

3-Questionário do pré-teste.

4-Projeto completo com cronograma semestral.

5-Orçamento geral.

6-TCLE revisado.

7-Termo de cessão de imagem.

8-Declaração do Programa de pós-graduação de "Ensino em Biotécnicas em Saúde" informando que a pesquisadora está cursando o doutorado.

Recomendações:

A pesquisadora acatou a recomendação do CEP e incluiu o risco no TCLE conforme o texto sugerido: "Os riscos relacionados à sua participação nesta pesquisa se referem a constrangimentos em responder os questionários ou em participar das atividades propostas. Caso aconteçam, você pode se recusar a participar no todo ou em parte do projeto sem que haja qualquer forma de prejuízo no seu relacionamento com os pesquisadores ou com a instituição de ensino".

A pesquisadora acatou a sugestão do CEP e substituiu "indivíduo da pesquisa" e "deponente" por "sujeito da pesquisa" e "participante".

O endereço do CEP foi incluído no TCLE.

O termo de cessão da imagem foi revisado conforme recomendado pelo CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O TCLE está em conformidade com a Resolução CNS 466/12, após as alterações realizadas pela pesquisadora.

O mesmo ocorreu com o Termo de cessão de imagem.

Situação do Parecer:

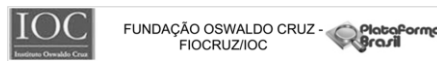
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Mangueiras **CEP:** 21.040-360
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 **Fax:** (21)2561-4815 **E-mail:** cepfocruz@ioc.fiocruz.br

Página 03 de 04



Continuação do Parecer: 831.411

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz (CEP Fiocruz/IOC), de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12, manifesta-se por APROVAR o projeto de pesquisa CAAE:31442214.1.0000.5248, na 198ª Reunião e comunica que:

Apresentar relatórios parciais (anuais) e relatório final do projeto de pesquisa é responsabilidade indelegável do pesquisador principal.

Qualquer modificação ou emenda ao projeto de pesquisa em pauta deve ser submetida à apreciação do CEP Fiocruz/IOC.

O participante de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, deverá rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido-TCLE apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

O pesquisador responsável deverá da mesma forma, rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido- TCLE apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

RIO DE JANEIRO, 15 de Outubro de 2014

Assinado por:
Maria Regina Reis Amendoeira
(Coordenador)

Endereço: Av. Brasil 4036, Sala 705 (Campus Expansão)
Bairro: Mangueiras **CEP:** 21.040-360
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9011 **Fax:** (21)2561-4815 **E-mail:** cepfocruz@ioc.fiocruz.br

Página 04 de 04

ANEXO C – TERMO DE PARCERIA



ESTADO DO RIO DE JANEIRO

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO
REGIONAL SERRANA I

C. E. PROF^o. ALDA BERNARDO DOS SANTOS TAVARES

Ato de Criação: Decreto nº 11.877 de 13/07/1965, Publ. D.O. de 14/07/1965

CNPJ 00.950.305/0001-64

e-mail: ceprofaldabernardosantos@educacao.rj.gov.br

U.A. 181213

CENSO/INEP: 33053413

TERMO DE PARCERIA AUTORIZANDO O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA NA INSTITUIÇÃO

Venho por meio deste documento, autorizar a pesquisadora CRISTIANNI ANTUNES LEAL, a desenvolver seu projeto de doutorado intitulado “A genética no currículo escolar de biologia: uso de estratégias didáticas para construção de um viés para o seu ensino e aprendizagem”, no Colégio Estadual Professora Alda Bernardo dos Santos Tavares. Cabe ressaltar que estou ciente que a pesquisadora está regularmente matriculada no curso de Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde, do Instituto Oswaldo Cruz, na Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz/RJ, com ingresso em março de 2014 e com matrícula nº 14.03.58.009.

Fui esclarecido que os sujeitos da pesquisa são os alunos do primeiro e terceiro ano do Ensino Médio do curso de formação geral, do turno da manhã e tarde. Estou ciente que a pesquisa consiste em trabalhar diversas estratégias didáticas para o ensino de citologia e genética mendeliana, tais como o lúdico, jogos, seminários, modelagem. Não comprometendo o conteúdo dos estudantes, haja vista que citologia e genética mendeliana são assuntos abordados no primeiro e terceiro ano desta modalidade de ensino. Fui esclarecido que a qualquer momento os estudantes poderão desistir de participar da pesquisa, não causando nenhum prejuízo às instituições envolvidas, nem aos escolares. Ressalta-se que os procedimentos adotados pela pesquisadora garantirão sigilo da identidade dos participantes.

A pesquisadora também está autorizada a obter imagens sem restrições quanto aos seus direitos patrimoniais e financeiros para sua pesquisa de doutorado. Estas imagens serão obtidas no período de julho de 2014 até dezembro de 2017. Cristianni Leal fica, assim, autorizada a utilizar, divulgar e publicar, para fins científicos, culturais e educativos as imagens para fins idênticos, segundo suas normas internas, com a única ressalva de sua integridade e indicação da fonte e autor.

Assim, declaro ciência que os dados obtidos deste trabalho, em parceria, serão divulgados em revistas e congressos científicos das áreas afins, além da redação da Tese.

Magé, 14 de julho de 2014.


Direção geral
Colégio Estadual Professora Alda Bernardo dos Santos Tavares

Marcos de Oliveira Silva
Diretor Geral - Mat. 0921941-1
C. E. Prof^o Alda B. dos S. Tavares
Mat. 42785317

ANEXO D - LETRA DA MÚSICA ÁCIDOS NUCLEICOS

Letra da música:

ÁCIDOS NUCLEICOS

Ácido nucleico duas formas tem, é o DNA e o RNA também (bis)

Sua menor unidade nucleotídeo é chamada que estão ligados fosfato, pentose e uma base nitrogenada.

Pra se unirem e formarem cadeia, nos nucleotídeos, dentro da mesma fileira
Fosfato vai ligando, formando a escadinha
Com a pentose do nucleotídeo e o vizinho.

O DNA tem cadeia dupla podemos chamar
pentose é a desoxirribose e as bases que vão se ligar.
Adenina se liga à timina, se for guanina que se junta é citosina.
Autoduplicação, mecanismo celular,
Hereditariedade, transcrição em RNA.

Ácido nucleico...

E na transcrição DNA vai formando RNA,
A fita dupla vai se abrindo, nucleotídeos vão se parear.
Adenina se liga à uracila, se for guanina quem se junta é citosina.
Mas se no DNA a base for a timina,
No RNA quem se junta é adenina.
RNA fita simples que vem do DNA (pela transcrição),
Pentose agora é ribose e as fitas podem se ligar (pelas bases).
Adenina se liga à uracila, se for guanina quem se junta é citosina.
Processo importante veja só, nunca termina.
São três RNAs para formar a proteína.

Ácido nucleico...

RNA Mensageiro é produzido pelo DNA, chegando até o citoplasma a proteína já vai se formar,
O segundo é o Transportador, leva aminoácidos ao polirribossomo,
O terceiro é conhecido por função estrutural, chamado Ribossomo que faz tradução legal.

E pra encerrar não podemos nunca mais nos enganar.
As bases conhecidas como púricas já podem se apresentar:
Adenina e guanina elas são.
E as pirimídicas não tem mais erro não, timina, citosina, uracila já serão.

Então já vou cantando e guardando essa canção.

Ácido nucleico...

E aí moçada! Nós vimos os ácidos nucleicos hein! O DNA e o RNA.
Vimos também a importância deles. Fique ligado então.
Assim como nos amigos nucleotídeos.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ijmS_t3G1mY>. Acesso em: 23 de abril de 2015.

ANEXO E – PROTOCOLO DE EXTRAÇÃO DO DNA DA CEBOLA

Colégio Estadual Professora Alda Bernardo dos Santos Tavares
Biologia
2º bimestre
Professora: Cristianni Leal
Experiência: Extração do DNA da cebola

EXTRAÇÃO DO DNA DA CEBOLA

Obs.: Ácido desoxirribonucleico (ADN), mas usamos a sigla em inglês: DNA (*Deoxyribonucleic acid*).

INGREDIENTES:

- Uma cebola grande;
- Faca de cozinha;
- Uma colher de sopa e uma menor;
- Dois copos de vidro;
- Água filtrada;
- Sal de cozinha;
- Detergente líquido incolor;
- Papel filme (plástico);
- Álcool gelado;
- Filtro de café;
- Gelo moído;
- Pano de prato para retirar o copo do banho-maria;
- Um pedaço de TNT preto;
- Local para o fazer banho-maria.

04 grupos por turma. Cada um em seu grupo!

A EXPERIÊNCIA (COMO FAZER)

Deixar de um dia para outro, 1 litro de álcool no congelador (ele não vai congelar);
Antes de começar a experiência, deixar no fogo uma panela com água, necessita para o banho-maria.

PASSOS:

1. Encher um copo com água, até um terço (um pouco mais da metade) e colocar uma colher de detergente (detergente incolor). Colocar o detergente no copo e mexer bem devagar com a colher, não pode formar espuma!
2. Depois, coloca (mais ou menos) uma colher de chá de sal (a colher menor). Mexe devagar. Este copo fica descansando, pois você vai cortar a cebola;
3. Corta a cebola em pedacinhos e coloca a cebola no copo que estava descansando. Sem movimentos bruscos para não criar espuma;
4. Tapa o copo com plástico (papel filme) e coloca em banho-maria, em fogo baixo por 20 minutos (você que vão marcar o tempo).
5. Após, é hora de filtrar a mistura (quente). Usa um filtro de café e um segundo copo. Deixa encher a metade do copo. Tapa com plástico e deixa em um pote com gelo por 5 minutos;
6. Após os 5 minutos, pega o copo gelado.
7. **NÃO** mexa bruscamente para não formar espuma e adiciona álcool gelado. Muito devagar e ao lado da borda do copo. Coloca álcool, até encher o copo.
8. O DNA começa a aparecer na divisa entre o álcool e a água. Leva uns 5 a 10 minutos para o DNA aparecer.
9. Após uns 10 minutos o DNA começa a aparecer. Ao se colocar em um fundo preto (TNT preto) é possível visualizar melhor.

Naquela “melequinha” está o código genético da cebola. O que diferencia o ser humano da cebola são aquelas moléculas que estão dentro da célula da cebola. Todos os seres vivos apresentam o DNA com o código genético. E o DNA fica dentro da célula (procariótica e eucariótica).

Faça com empenho, cuidado e maturidade!

NOSSA PROPOSTA DIDÁTICA

NOSSA PROPOSTA DIDÁTICA

Fonte:

LEAL, C.A. **Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes**. 2017. 305f. Tese. Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ensino em Biociências e Saúde (PG-EBS), Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Campus: Manguinhos. Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles. Rio de Janeiro, 2017.

Tese disponível em Arca Fiocruz: <<https://www.arca.fiocruz.br/>>.

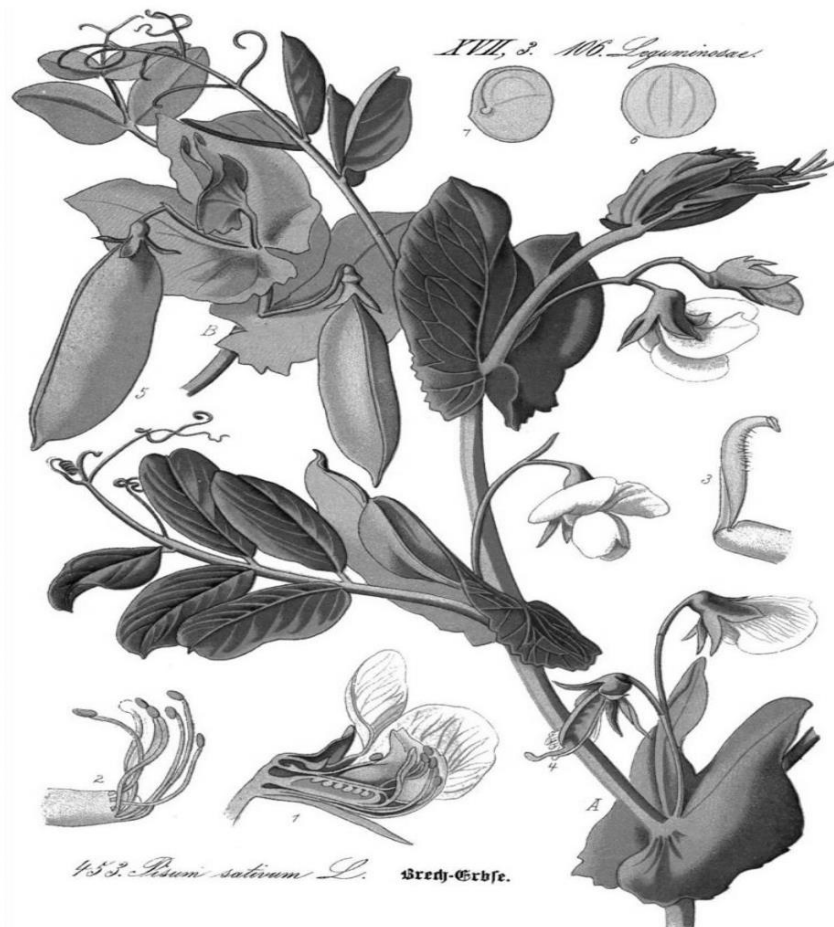
**SEQUÊNCIA DIDÁTICA: UMA
PROPOSIÇÃO PARA O ENSINO E
APRENDIZAGEM DA GENÉTICA
MENDELIANA E SEUS CONTEÚDOS
ESTRUTURANTES**



❖ **Cristianni Antunes Leal**

❖ **Giselle Rôças**

❖ **Rosane Meirelles**



Esta sequência didática faz parte da tese de doutorado, intitulada:

LEAL, C.A. **Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes**. 2017. 305f. Tese. Programa de Pós-Graduação Stricto sensu em Ensino em Biociências e Saúde (PG-EBS), Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Campus: Manguinhos. Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles. Rio de Janeiro, 2017.

Tese disponível em Arca Fiocruz: <<https://www.arca.fiocruz.br/>>.

SUMÁRIO

Apresentação	04
Introdução	05
O que é sequência didática?	12
Estratégias didáticas	13
Nosso objetivo	16
Papel docente	16
Etapas da SD	17
A nossa sequência didática	18
As estratégias foram...	21
Dicas para a elaboração da SD	41
Os resultados esperados	43
Sugestões	45
O que fica para nossa reflexão	46
Onde saber mais	48
Referências das imagens	49
Biografia das autoras	51
Apêndices	52
Anexos	58

APRESENTAÇÃO

A sequência didática aqui apresentada é a nossa contribuição ao ensino de genética. Por ter sido uma pesquisa aplicada em um colégio público estadual do Rio de Janeiro, acreditamos que possa ser utilizada e ressignificada por outros colegas educadores.

A temática em questão foi a genética mendeliana e seus conteúdos estruturantes, os quais são considerados abstratos pelos estudantes.

Esta sequência didática foi experimentada no “chão da escola”, ou seja, dentro das aulas de Biologia, que totalizaram 100 minutos semanais, no contexto aqui pesquisado.

Não consideramos o fim, e sim, uma proposta ao campo estudado e abordado em nossa pesquisa de doutorado.

Fique à vontade para usá-la, criticá-la e ressignificá-la.

As autoras.

- **Sequência didática: uma proposição para o ensino e aprendizagem da genética mendeliana e seus conteúdos estruturantes**

INTRODUÇÃO

Nas aulas de Biologia do ensino médio há várias unidades temáticas para serem abordadas, geralmente nomeadas de: botânica, zoologia, ecologia, genética, citologia, evolução, entre tantas outras. Para os docentes formados em Ciências Biológicas faz sentido, porque os mesmos tem o entendimento da integralidade dos conteúdos da Biologia.

Tais conteúdos são assim distribuídos em virtude da didatização, mas no cotidiano tais conteúdos são integralizados, havendo a necessidade de uma discussão intradisciplinar (dentro do conteúdo disciplinar Biologia) para fazer sentido do ponto de vista dos estudantes. Uma vez que não existe genética sem a citologia; evolução sem a genética; não existe botânica sem a evolução, entre outros vários exemplos; e mesmo de uma discussão interdisciplinar com outras disciplinas, como a Geografia e a Matemática. Durante as explicações nas aulas orientamos que os professores resgatem outros conhecimentos.

A Biologia embora “curricularizada”, é parte inerente dos seres vivos e, por vezes tem difícil compreensão, devido à sua compartimentalização. Nesse viés, há inúmeras justificativas para o não entendimento da Biologia,

como: privilegiar a memorização em seu ensino e aprendizagem, ser abstrata, com ensino livresco e descritivo, linguagem complicada (com nomes complexos para os estudantes), uso de esquemas, gráficos e imagens para sua compreensão, ausência de contextualização, experimentações e eventos que não podem ser experimentados, como a evolução.

Todas estas questões se somam e resultam nas dificuldades em ensinar Biologia aos estudantes do ensino médio. A Biologia está no coletivo social, é um assunto que circula na sociedade, seja por meio de reportagens abordando-a na economia, na saúde e na agricultura; seja em filmes comerciais. Mesmo tendo sua importância no ensino, este tem sido impactado negativamente pela aula unicamente tradicional, que não tem sido suficiente para contemplar os estudantes. Consideramos a aula tradicional uma estratégia didática, nosso desejo é ir além desta.

Particularmente ao tema abordado nesta sequência didática (genética e seus conteúdos estruturantes), o que se pretende é diversificar seu ensino por meio do uso de estratégias didáticas.

Aprender genética não é fácil, pois requer abstração para acompanhar as explicações. Por outro lado, ensinar, também não o é, pois muitos conceitos se tor-

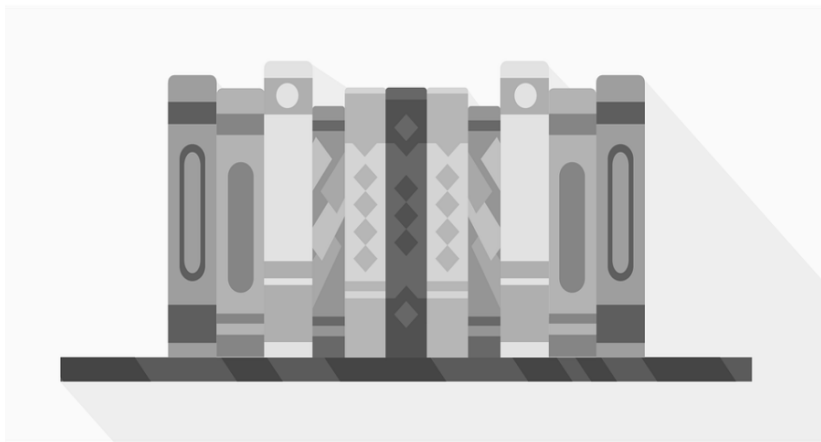
nam extremamente confusos, tanto para os professores quanto para os estudantes.

Assim, a genética se afasta dos discentes e seu ensino se transforma em um momento tenso e/ou desanimador. Na ausência da transposição didática e de estratégias de ensino a situação permanece não resolvida. Os estudantes passam a estudar para passarem nas séries escolares, sem se importar com a compreensão e a importância do tema.

Aqui, as estratégias didáticas de ensino e aprendizagem são consideradas nossa proposta educativa por oferecer e permitir a apreensão do conteúdo a ser ensinado por meio do uso de recursos didáticos, tanto por professores quanto pelos estudantes, que visam superar a aula unicamente verbalista e ou demonstrativa.

Apostamos na utilização das estratégias que permitem o diálogo entre a teoria e a prática, nas quais o estudante assume um papel ativo e o professor de incentivador, problematizador e dialógico. Mesmo assim, as estratégias didáticas não são consideradas redentoras ou mesmo um 'milagre' no processo de ensino e aprendizagem, mas devem ser entendidas como um recurso que facilita a mediação de conceitos e auxilia o processo de ensino.

Sendo assim, o conhecimento deve se tornar um aprendizado que faça parte da vida dos estudantes, de seu cotidiano, extrapole o muro escolar e os períodos avaliativos. E o uso de forma planejada da estratégia de ensino torna-se um meio que facilita a apreensão do conhecimento científico, como o necessário para a, e na, compreensão da genética presente no dia a dia.



As estratégias de ensino podem ser adaptadas para qualquer disciplina e tema a ser abordado. Contudo, a delimitação deste estudo é a relação entre o ácido desoxirribonucleico (DNA), a biologia celular (conteúdos estruturantes), e a genética mendeliana (também chamada de genética clássica). Na figura 01 são apresentados os conteúdos estruturantes para a compreensão da genética, proposta pelas autoras.

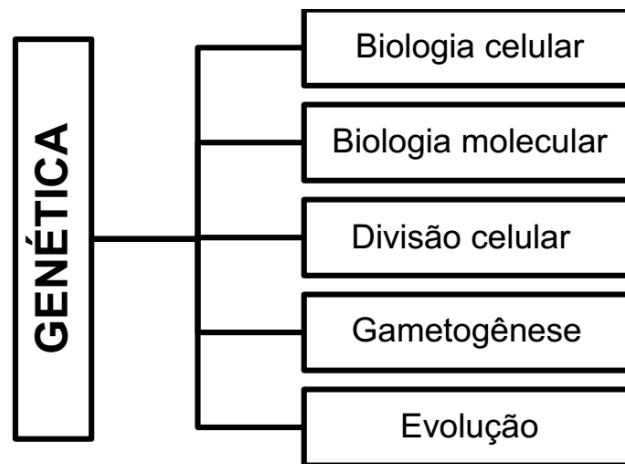


Figura 01. Sugestão de conteúdos estruturantes para compreender genética

A biologia celular engloba a citologia, com suas divisões (célula procariótica, célula eucariótica animal e a vegetal), fisiologia e organelas.

A biologia molecular é o estudo da forma e função dos ácidos nucleicos, em especial para este estudo o ácido desoxirribonucleico, já que o DNA é o objeto de estudo da genética.

A divisão celular é o estudo do modo como a célula se divide, seja por meio do mecanismo mitose, e na reprodução sexuada, a meiose.

A gametogênese ocorre apenas nos organismos com reprodução sexuada, é o que causa a formação de

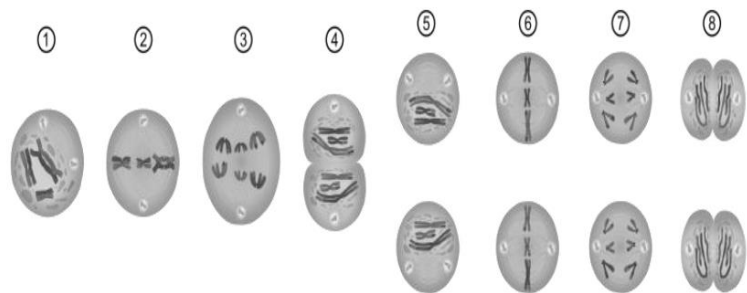
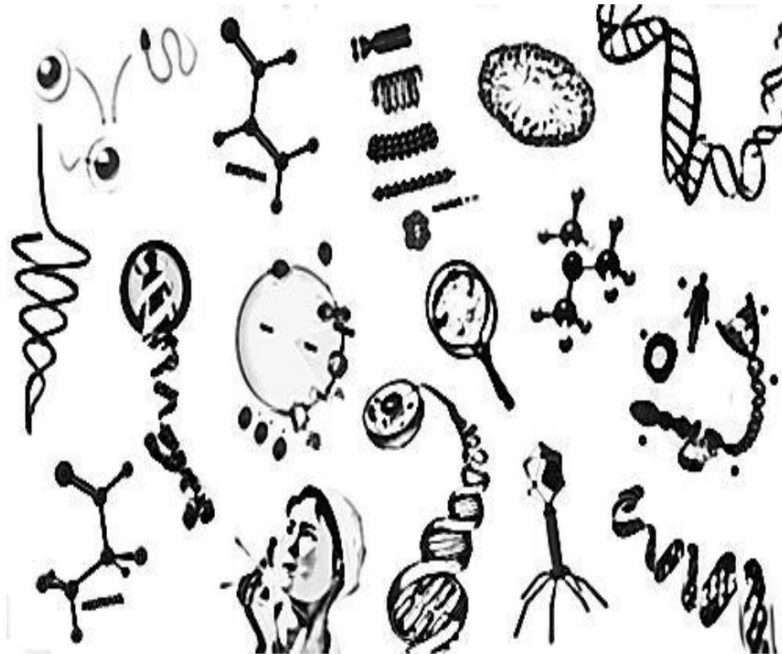
gametas e esporos. Por meio da meiose é que ocorre a variabilidade genética.

Já a evolução significa melhoria mudança no material genético e quando esta mudança (se integrada nos gametas) é compatível com o meio ambiente, o organismo sobrevive e transmite seu material genético aos seus descendentes (princípio da seleção natural) na reprodução.

A genética é a ciência que estuda a transferência das características físicas e biológicas de geração para geração, é a hereditariedade. A herança genética que recebemos de nossos antepassados, seja ela, características físicas ou, até mesmo, doenças. Por isso a explicação de filhos se parecerem com os pais, e até parentes mais distantes.

A genética é uma coalizão que une toda a Biologia e o conhecimento da genética permite explicar várias questões acerca da vida e sua organização na biosfera, pois, os temas ligados à biologia celular e à genética fazem parte do cotidiano, sendo comum encontrarmos em diferentes veículos de informação midiática. Entretanto, há inúmeros dados incompletos e de difícil abordagem e linguagem, que têm gerado na população sentimentos confusos, o que acaba afastando o ensino e a aprendizagem da genética.

Isto posto, são os temas de genética mendeliana nesta proposta: biologia celular, biologia molecular, divisão celular, gametogênese e, 1ª e 2ª lei de Mendel (a genética mendeliana que é a de transmissão).



Fonte: 05 e 06

11

O QUE É SEQUÊNCIA DIDÁTICA?

Trata-se de um conjunto de atividades planejadas etapa por etapa pelo docente para o entendimento do conteúdo, ou unidades temáticas propostas para que sejam alcançadas pelos discentes.

Lembra um plano de aula, entretanto vai além deste porque aborda várias estratégias de ensino e em sequência de dias.

Usamos vários recursos como o quadro e as tecnologias atualmente disponíveis, tais como as mídias sociais e os *smartphones*.

A sequência didática (SD) deste estudo é apresentada por meio do uso de variadas estratégias didáticas para a promoção do ensino da genética e seus conteúdos estruturantes.



Fonte: 07

12

ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS

As estratégias didáticas são propostas educativas que intencionam o ensino e a aprendizagem, assim como a divulgação e a apreensão do conteúdo temático por meio do uso de recursos didáticos que extrapole a aula verbalista. É um diálogo entre a teoria e a prática, com a consciência do docente em estar empregando o uso das estratégias como metodologia de ensino.

As estratégias intencionam favorecer a aprendizagem dos temas em questão ao criar condições para que possa ocorrer futuramente, ou não, já que não há garantias de que ocorra a aprendizagem pelo simples fato de utilizar a estratégia de ensino. Não podemos garantir que todos aprenderão, mas estamos apresentando uma forma de abordagem ao tema.

Acreditamos que quanto mais vividas e diversificadas forem as estratégias didáticas para o ensino dos conteúdos estruturantes e da genética, maiores as chances de ocorrer sua promoção, divulgação e aprendizagem pelos estudantes ou, que sejam criadas condições para que a aprendizagem possa acontecer futuramente; e que a sistematização do ensino por meio das sequências didáticas possam fomentar a aprendizagem.

Assim, nossa definição por estratégias didáticas é a de ser uma metodologia que o professor lança mão para ensinar determinado conteúdo. Por vezes usamos seus sinônimos, como: metodologia de ensino, recursos didáticos, materiais lúdicos, entre outros. São situações criadas e planejadas pelo professor com o intuito de ensinar, porém sem o rigor de uma aula tradicional (estudantes sentados e anotando e professores em pé e falando).



Aos estudantes é requisitado um papel ativo e participativo para que a aula transcorra e com essas atitudes outras habilidades são desenvolvidas, como a fala, a argumentação, a escrita, e o raciocínio. Outras habilidades existem e coexistem em cada indivíduo que participa das etapas da sequência didática.

As estratégias didáticas de ensino e aprendizagem são antigas na área educacional, como exemplo em seu uso há registros desde a época de Sócrates, quando o mesmo usou o questionamento como estratégia de ensino.

As estratégias didáticas requerem de nós, professores, que exerçamos a função de pesquisador, já que precisamos escolher entre várias, qual será a mais pertinente dentre nossos objetivos de ensino, estudantes e infraestrutura presente no colégio ou outro local escolhido, assim como as questões a serem formuladas aos estudantes. Desta forma, cada professor-pesquisador pode desenvolver sua própria estratégia de ensino e aprendizagem, já que cada um pode ressignificá-las e ou criá-las a qualquer momento.

Na verdade acreditamos que todos os professores façam uso de estratégias didáticas em seu a dia em salas de aula, podem apenas não nomeá-las assim.



NOSSO OBJETIVO

Utilizar estratégias didáticas variadas de ensino e aprendizagem no formato de uma sequência didática para o ensino de genética.

PAPEL DOCENTE



As estratégias didáticas facilitam a mediação de conceitos de genética e seus conteúdos estruturantes, de forma dinâmica. Entretanto, as mesmas não são um 'milagre', e o papel do docente no uso das estratégias é o de agir como um agente dialógico, como aquele que auxilia e estimula os estudantes a participarem de todas

Fonte: 10

16

as etapas da estratégia didática, conduzi-los a seguir as regras e a intervir para desestabilizar concepções prévias que possam trazer prejuízos ao aprendizado dos estudantes.

O professor precisa ter um papel ativo e participativo, com importância antes, durante e após a estratégia. É função docente planejar a SD e as estratégias utilizadas, assim como os insumos necessários, pedindo na direção da escola ou para as turmas com antecedência.

ETAPAS DA SD

A sequência didática é flexível e deve ser composta pelos itens: tema abordado, objetivo, justificativa, conteúdo, ano de escolaridade, tempo estimado para a aula, número de aulas necessárias, material necessário, desenvolvimento, avaliação e outros que surjam.

A sequência didática é um material didático de apoio ao professor. Para que seu uso seja proveitoso a etapa do planejamento é especialmente importante, caso contrário, torna-se uma brincadeira para os estudantes, o que impossibilita a mediação para os conceitos estudados.

A NOSSA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nossa sugestão é que esta sequência didática seja utilizada em turmas do segundo ano do ensino médio, pelo fato dos estudantes já terem tido no primeiro ano o conteúdo de Biologia. E os motivos são: os estudantes do primeiro ano reclamam da nomenclatura da Biologia e dos conteúdos extensos e se deparam no primeiro ano com um conteúdo extremamente abstrato para eles: a célula. Acreditamos que no segundo ano já estejam mais familiarizados com a disciplina Biologia.

Segue nossa sugestão para o ensino da genética mendeliana e seus conteúdos estruturantes. A mesma foi utilizada em uma escola pública estadual do Rio de Janeiro no ano letivo de 2015, com turmas do primeiro ano, por isso, nossa sugestão é de que seja usada em turmas do segundo ano do ensino médio, embora não inviabilize seu uso.



Fonte: 11

18

Tema

Genética mendeliana e seus conteúdos estruturantes.

Objetivo

Apresentar a importância do uso de estratégias didáticas no ensino de genética e de seus conteúdos estruturantes para estudantes do ensino médio.

Justificativa

Para muitos estudantes a genética é apontada como de difícil compreensão e um conteúdo unicamente escolar, ao mesmo tempo em que é considerado um componente curricular interessante e importante por responder a várias questões na vida prática e no ensino de Biologia.

Da mesma maneira, a genética estimula o imaginário fértil e povoa notícias científicas, apresenta-se com valor informativo, educativo e prático e está nos manuais didáticos brasileiros desde 1951, no mínimo. Contudo, estes mais de sessenta anos ainda não foram suficientes para amadurecer seu ensino e aprendizagem que precisa de uma metodologia com variadas abordagens para se alcançar, ou tentar alcançar o êxito em sua escolarização, e permitir que os estudantes progridam em seus estudos e no exercício de sua cidadania de forma crítica.

Fora isso, há a importância de ver a área das Ciências Biológicas como uma profissão.

Público alvo:

Estudantes do segundo ano do ensino médio. Com duas aulas de 50 minutos semanais (100 minutos), totalizando 11 dias de encontro, o equivalente a um bimestre.

Em 2015 a sequência didática foi usada com turmas do primeiro ano do ensino médio. A nossa sugestão é que seja usada no segundo ano.

Conteúdo: Citologia e genética de transmissão.



Esta é a nossa proposta e nosso caminho escolhido.

AS ESTRATÉGIAS FORAM...

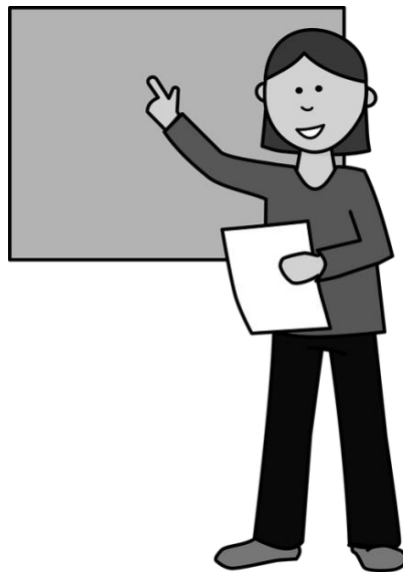
Nesta proposta, apresentamos onze estratégias, a saber:

- (01) Aula expositiva-dialogada. Cinco tempos de aula de 50 minutos;
- (02) Origami do DNA. Um tempo de aula de 50 minutos;
- (03) Painel de células. Um tempo de aula de 50 minutos;
- (04) Música ácidos nucleicos. Um tempo de aula de 50 minutos;
- (05) Extração do DNA da cebola. Dois tempos de aula de 50 minutos;
- (06) Quadrilha da mitose. Dois tempos de aula de cinquenta minutos;
- (07) Listas de exercícios para casa, que seguem aqui no apêndice B, como sugestão. Atividade em casa pode ser feita em três tempos de aula de 50 minutos ou a critério do professor;
- (08) Seminários de artigos da Revista Genética na Escola. Dois tempos de aula de 50 minutos;
- (09) Filme Gattaca. Quatro tempos de aula de 50 minutos;

- (10) Produção de vídeos no *movie maker*. Duas aulas de 50 minutos; e a,
- (11) Feira de Material Didático. Três aulas de 50 minutos.

Considera-se a carga horária de Biologia com dois tempos de cinquenta minutos, sendo, portanto 100 minutos semanais.

As estratégias origami, painel de célula e música, podem ser realizadas em dois tempos de aula de 50 minutos, desde que sejam antecipadamente apresentadas aos estudantes. Assim, esta sequência didática engloba onze dias de aulas. As estratégias podem ser usadas em um bimestre (com aproximadamente 22 aulas).



Resumo das atividades

Aula	Estratégias	Tempo	Papel docente	Papel discente
01	Aula expositiva dialogada	50'	Preparar aula e questionário	Refletir sobre o tema. Responder o questionário
02	Aula expositiva dialogada	100'	Preparar aula	Refletir
03	Aula expositiva dialogada	100'	Preparar aula	Questionar
04	Origami, painel de células e música	100'	Organizar e incentivar	Fazer as estratégias e apresentá-las
05	Extração do DNA	100'	Tirar dúvidas e auxiliar	Fazer a prática
06	Quadrilha da mitose	100'	Aula, auxiliar na quadrilha	Apresentar a quadrilha
07	Listas de exercícios	Em casa	Preparar os exercícios	Responder as questões
08	Seminários	100'	Separar e distribuir os artigos. Incentivar os estudantes	Apresentar os seminários e seus materiais
09	Filme Gattaca	200'	Trazer o filme	Assistir e responder ao questionário
10	Produção dos vídeos	100'	Assistir os vídeos e corrigir algum erro	Produzir os vídeos dos temas pedidos
11	Feira de material didático	150'	Incentivar os estudantes	Explicar os temas usando os materiais por eles confeccionados

Aula 01 – questionário

Tema: concepções prévias dos assuntos a serem abordados. As perguntas que sugerimos que sejam feitas estão no apêndice A. Deixamos no questionário o quesito “nome” que identifica os estudantes. Mas, podem retirar caso tenham o receio na identificação.

Objetivo: conhecer as concepções dos discentes.

Recursos instrucionais: a elaboração de um questionário e sua aplicação.

Motivação: reflexão sobre os temas.

Tempo estimado para aula: 50 minutos.

Desenvolvimento: o professor inicia a discussão com a questão da genética no nosso dia a dia e questionando onde a mesma se encontra na biosfera, tais como: ‘o que é genética?’, ‘por que nos parecemos com os nossos pais?’, ‘o estudo da célula está relacionado com a genética?’, ‘onde encontramos o DNA?’; entre outras.

A partir disso, distribui o questionário para o conhecimento das concepções prévias dos estudantes.

Avaliação: resposta dos estudantes e posterior debate sobre as perguntas e se alguém quiser compartilhar suas respostas.

Aula 01 (2ª parte) – aula expositiva-dialogada

Tema: Gregor Johann Mendel e as ervilhas

Objetivo: apresentar o monge agostiniano Gregor Johann Mendel.

Recursos instrucionais: apresentação de slides no programa *Microsoft power point*, previamente elaborado pelo docente.

Motivação: Mendel ainda é considerado o mito fundador da ciência da hereditariedade, porém suas ervilhas dificultam o entendimento. Assim, esta aula intenciona revelar que as ervilhas foram apenas um modelo experimental.

Tempo estimado para aula: 50 minutos.

Desenvolvimento: Aula expositiva-dialogada com os estudantes.

Avaliação: participação dos estudantes na discussão e elaboração de uma linha do tempo com o tema da genética até hoje. É uma tarefa para casa, e os estudantes devem trazer na próxima aula.

Aula 02 (2ª parte) – aula expositiva-dialogada

Tema: citologia e a ciência da hereditariedade.

Objetivo: compreender a citologia e a genética.

Recursos instrucionais: Datashow, aula expositiva-dialogada.

Motivação: diálogo por meio desta aula.

Aproveitar e anunciar as tarefas para as próximas aulas, a saber: o origami do DNA, painel de células em E.V.A., a música ácidos nucleicos, artigos da Revista Genética na Escola (na seção Onde Saber Mais) para a apresentação de seminários em grupo na sétima aula; distribuição dos temas (como a Primeira Lei de Mendel) para produção de vídeos no *movie maker* para a aula de número 09 (décimo encontro). E informar os estudantes sobre a feira de material didático (FMD) a ser realizado no décimo primeiro encontro (aula 10).

Tempo estimado para aula: dois tempos de cinquenta minutos (um encontro semanal).

Desenvolvimento: discussões para desestabilizar concepções prévias discentes que porventura existam. Uso de recurso audiovisual para a apresentação da genética e da citologia.

Avaliação: participação dos estudantes e listas de exercícios (APÊNDICE B).

Aula 03 (3ª parte) – aula expositiva-dialogada

Tema: citologia e a ciência da hereditariedade.

Objetivo: compreender a citologia e a genética.

Recursos instrucionais: Datashow, aula expositivo-dialogada, lista de exercícios (APÊNDICES B’).

Motivação: diálogo, correções dos exercícios.

Tempo estimado para aula: dois tempos de cinquenta minutos (um encontro semanal).

Desenvolvimento: discussões para desestabilizar concepções prévias discentes que porventura existam. Uso de recurso audiovisual para a apresentação da genética e da citologia.

Esta aula pode durar cerca de 05 tempos de aula em virtude das dúvidas que os estudantes apresentam. Contudo, recomendamos que seja dividida em três encontros, pelo grande número de informações.

Avaliação: participação dos estudantes ao longo das aulas.

Lista de exercícios (APÊNDICES B’), entre outros exercícios que possam ser elaborados pelos docentes.

Aula 04 – origami, painel e música

Tema: citologia e a ciência da hereditariedade.

Objetivo: trazer pronta a confecção do origami de DNA¹, o painel de células e cantar a música ácidos nucleicos² (ANEXO A). Os estudantes trazem pronto as estratégias didáticas e irão cantar na frente a música.

Recursos instrucionais: discussão com os estudantes acerca das estratégias apresentadas por eles.

Motivação: debates sobre seus trabalhos (origami, painel e música), com as explicações sobre os conteúdos, que são: a molécula do DNA, os três modelos de células e os ácidos nucleicos citados na música.

Tempo estimado para aula: dois tempos de cinquenta minutos (um encontro semanal).

Desenvolvimento: resgate de conceitos anteriormente discutidos por meio da aula expositiva-dialogada, usando como exemplo as estratégias dos estudantes. Ouvir dos estudantes a música ácidos nucleicos e depois o resgate de discussões para o origami do DNA.

¹“O DNA em origami”, de Itácio Padilha. Disponível em: <http://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/Ensino_Fundamental/Origami/Artigos/DNA/o%20DNA%20em%20origami.pdf>. Acesso em: 17 de fev. de 2015.

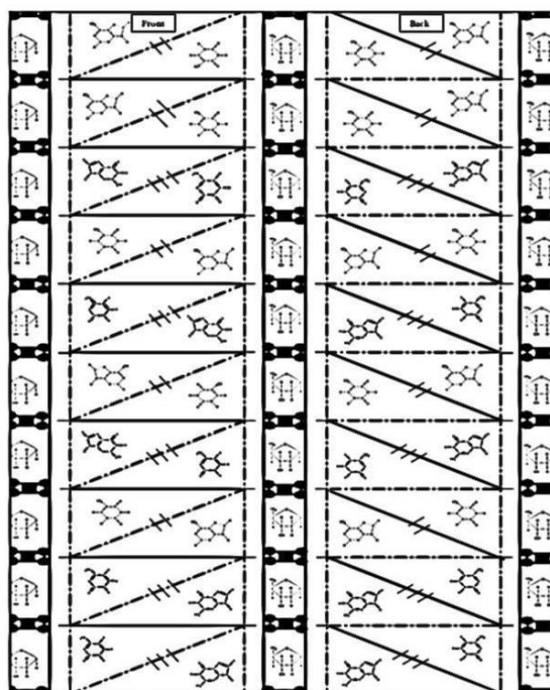
E o segundo artigo: “Estrutura do DNA de origami – possibilidades didáticas”, de Lenira Sepel e Elgion Loreto, 2007. Disponível em: <<http://geneticaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-21-Artigo-02.pdf>>. Acesso em: 17 de fev. de 2015.

²Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ijmS_t3G1mY>. Acesso em: 23 de abr. de 2015.

A produção do origami pode ser individual ou em grupo. Enquanto que a confecção de painel de célula em E.V.A. (fazer os três modelos de células com o E.V.A.). Contudo, é importante que os estudantes tenham em seu caderno os três modelos celulares, e a música que é um trabalho da turma; para que todos tenham acesso ao material em seus cadernos.

Avaliação: participação dos estudantes com suas estratégias didáticas.

Pedir para a próxima aula o material necessário para a extração do DNA da cebola (ANEXO B).



Fonte: 14

29

Aula 05 – extração do DNA da cebola

Tema: todos os seres vivos apresentam o ácido desoxirribonucleico.

Objetivo: experimentar uma prática de Biologia.

Recursos instrucionais: Datashow, aula prática; o protocolo da experimentação e os demais itens da aula prática (ANEXO B).

Motivação: extração do DNA pelos estudantes.

Tempo estimado para aula: duas aulas de cinquenta minutos (um encontro semanal).

Desenvolvimento: antes de serem conduzidos para o local da prática (quadra da escola, laboratório, refeitório), os estudantes devem ter uma pequena apresentação do que encontrarão ao final da prática no Datashow (alguns estudantes acreditam encontrar a molécula do Origami). Turma dividida em grupos de até cinco componentes. Os estudantes devem seguir o protocolo de extração de DNA.

Avaliação: vivência da prática de extração do DNA da cebola (ANEXO B), além do comportamento diante da experimentação, pois alguns estudantes ficam dispersos quando não estão em um ambiente propício como um laboratório.

Aula 06 – quadrilha da mitose

Tema: mitose

Objetivo: ilustrar a divisão celular e seu papel na vida.

Recursos instrucionais: Datashow para que ocorra a aula expositiva-dialogada.

Motivação: discussões sobre a mitose.

Tempo estimado para aula: duas aulas de cinquenta minutos (um encontro semanal).

Desenvolvimento: apresentação do tema divisão celular, por meio de vídeos da internet e explicações da importância da divisão celular para a vida.

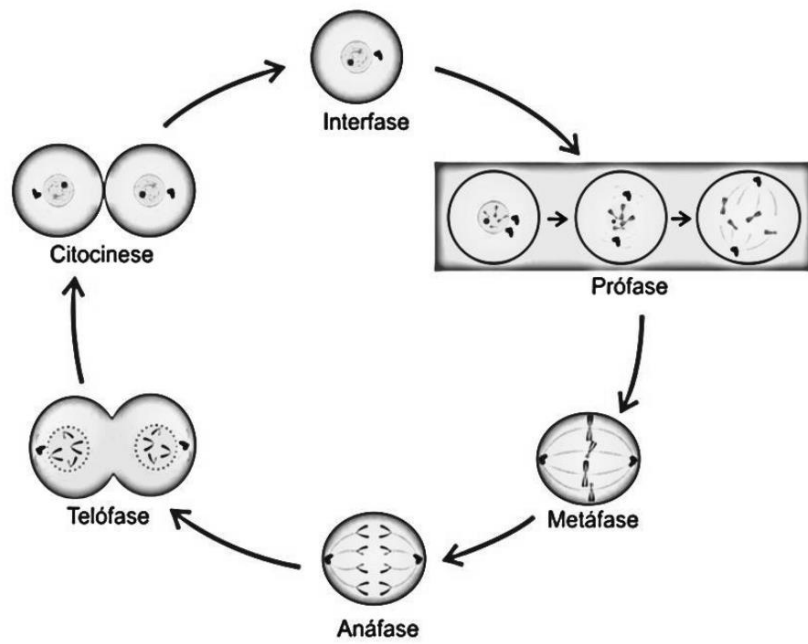
Os estudantes treinam a quadrilha orientados pelo docente, após os ensaios executam sozinhos as fases da mitose.

A quadrilha é uma atividade em que a turma deve simular com seus corpos a mitose. Inicia-se com todos de mãos dadas formando um círculo e seis estudantes no meio (representando os centríolos e cromossomos).

Trinta minutos antes da aula terminar, os estudantes devem se dirigir para a quadra do colégio, ou outro espaço aberto, e demonstrar a quadrilha e suas quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase. Após esta prática, que pode durar uns 20 minutos, retornar para a

sala e rever os conteúdos da mitose. Ela ensaiada, dura no máximo três minutos.

Avaliação: lista de exercícios (APÊNDICE B”) de mitose e demonstração da quadrilha pelos estudantes.



Fonte: 15

32

Aula 07 – seminários

Tema: Célula e a Ciência da Hereditariedade.

Objetivo: apresentar seminários dos artigos da Revista Genética na Escola (os artigos estão na seção Onde Saber Mais).

Recursos instrucionais: fita dupla face, caso algum grupo precise, Datashow, artigos e seus recursos mediadores.

Motivação: quatro seminários para que os estudantes compreendam a genética e seus conteúdos estruturantes, além de conhecer a revista.

Um artigo previamente selecionado pelo professor precisa ser lido junto com os estudantes para que os mesmos se acostumem com a linguagem de artigos científicos, tarefa que pode ser realizada no primeiro bimestre.

Tempo estimado para aula: duas aulas de cinquenta minutos (um encontro semanal).

Desenvolvimento: o professor regente precisa ler todos os artigos antecipadamente e estar com eles no dia da apresentação.

A turma foi dividida em quatro grupos, terem lido antecipadamente seus artigos e apresentá-los para a turma. Para isso pode-se usar o Datashow ou confecção

de cartaz para que os demais estudantes da sala. Além disso, os estudantes precisam reproduzir a estratégia didática de cada artigo. Os artigos escolhidos foram todos da Revista Genética na Escola.

O primeiro artigo (BARBOSA; COSTA, 2011) tratou dos ácidos nucleicos. O segundo (DENTILLO, 2009) foi sobre a mitose e a elaboração da divisão celular por meio da massa de modelar. O terceiro (MORI; PEREIRA; VILELA, 2011) foi sobre a meiose e as leis de Mendel, que intencionou explicar como a meiose se relaciona com a genética mendeliana. Sugeriu também explorar a massa de modelar para a visualização dos cromossomos. E o quarto (TEMP; CARPILOVSKY; GUERRA, 2011), abordou os cromossomos e genes, chamando atenção para a confusão que há entre esses termos.

Os artigos da Revista Genética na Escola apresentam, em sua maioria, orientações para realizar um material didático (os artigos selecionados para esta SD apresentam esta orientação). Portanto, os estudantes precisam apresentar este material didático complementar ao artigo.

Avaliação: apresentação dos artigos pelos grupos e confecção do material didático de cada artigo.

Aula 08 – Discussão sobre o Filme Gattaca

Tema: recurso audiovisual para compreender genética.

Ficha técnica completa	
Título	Gattaca (original)
Ano de lançamento	1997
Dirigido por	Andrew Niccol
Estreia	07 de setembro (mundial)
Duração	106 minutos
Classificação	14 anos em diante
Gênero	Drama e ficção científica
País de origem	Estados Unidos da América

Objetivo: assistir um filme (Gattaca – experiência genética) e associá-lo ao ensino de genética³.

Recursos instrucionais: o filme Gattaca, e ou televisão, ou Datashow, ou computador e caixa de som.

Motivação: o filme como uma estratégia didática para que os estudantes possam ver os conhecimentos de genética e seus conteúdos estruturantes no dia a dia. Debates devem ocorrer durante a exibição do filme.

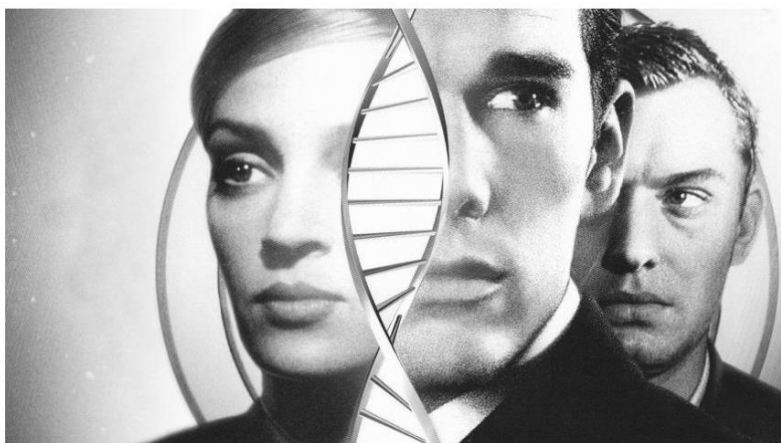
Tempo estimado para aula: quatro aulas de cinquenta minutos (dois encontros).

³ Disponível em: <<http://filmesonline.online/drama/8676-gattaca-a-experincia-gentica.html>>. Acesso em nov. de 2017.

Desenvolvimento: o filme Gattaca apresenta muitas informações, logo, o ideal são dois encontros semanais para que haja discussões sobre a trama. Os seja, na exibição sugerem-se paradas para debates.

Também é possível abordar a evolução e questões éticas e resgatar a música 'ácidos nucleicos' com o próprio título do filme.

Avaliação: responder e discutir o roteiro com questões, que pode ser respondido em dupla (APÊNDICE C).



Aula 09 – produção de vídeos no movie maker

Tema: recurso audiovisual para compreender genética e seus conteúdos estruturantes produzidos pelos estudantes.

Objetivo: produzir vídeos no *movie maker*, ou outro recurso similar, sobre temas previamente selecionados pelo docente (como a meiose) ou outros. Temas que o professor achar pertinente.

Recursos instrucionais: computador, acesso à Internet, *smartphone*, televisão e caixa de som.

Motivação: estudantes protagonistas na produção de uma estratégia didática. São eles que produzem os vídeos.

Tempo estimado para aula: duas aulas de cinquenta minutos (um encontro semanal).

Desenvolvimento: previamente o professor precisa distribuir os temas que comporão os vídeos, tais como: mitose, meiose, Gregor Mendel, primeira lei de Mendel e segunda lei de Mendel, entre outros (tarefa que foi passada na aula 02).

Na segunda aula desta SD precisam ser passados os próximos passos para a realização da SD, inclusive os temas para a produção dos vídeos pelos estudantes.

O professor já precisa ter os temas logo no início da sequência didática e distribuí-los (na aula 02). Cada professor pode pensar no conteúdo que desejar, ou discutir com os estudantes os temas pertinentes à SD.

Os vídeos produzidos precisam ter de três a cinco minutos para que não fiquem cansativos e monótonos. Os vídeos precisam de narração e legenda da narrativa. O requisitado é que os estudantes expliquem o tema por meio deste recurso.

Grupos devem ser formados com até 05 componentes. No dia da aula os estudantes devem trazer prontos os vídeos para reprodução em sala para sua problematização.

Avaliação: na reprodução dos vídeos elaborados, o professor precisa problematizar as questões, avaliar a estética e qualidade do vídeo e observar se há erros conceituais.

Os vídeos desta SD sugerida estão no canal do *YouTube*. Disponível em:
<https://www.youtube.com/channel/UCIPiXdzDFNgYEP0h3DH9ZGw?view_as=subscriber>.

Aula 10 – Feira de Material Didático (FMD)

Tema: materiais didáticos para a abordagem dos temas genética e seus conteúdos estruturantes.

Objetivos: construir e explicar conceitos da Biologia para os professores-avaliadores usando um material didático construído pelos próprios estudantes.

Recursos instrucionais: materiais didáticos de todas as espécies que os estudantes produzirem. Fita dupla face, caixa de som, computador, entre outros de acordo com a demanda discente.

Motivação: cada material didático será avaliado por outros professores.

Tempo estimado para aula: três aulas de cinquenta minutos, desde que o docente deixe tudo organizado para que a feira ocorra.

Desenvolvimento: cada grupo irá confeccionar um material didático relacionado ao tema da produção do vídeo no *movie maker*, porém, desta vez, os estudantes irão apresentar para outros professores e estudantes. Precisam explicar seu tema usando o material didático por eles produzidos aos professores avaliadores previamente convidados pelo docente regente de Biologia.

Os professores podem fazer perguntas (informar aos estudantes que isto pode acontecer). Com a intenção de mediar os conceitos de genética e seus conteúdos estruturantes por meio desta estratégia. Os estudantes deverão dialogar com os professores os quais podem ser de outras áreas de conhecimento.

Avaliação: a avaliação pode ser a média aritmética apresentada por cada professor avaliador. Os professores avaliadores precisam receber uma ficha (confeccionada pelo docente de Biologia) para cada grupo e entregar no fim da feira para o professor responsável para realização da média. A avaliação é individual de acordo com o desempenho de cada estudante diante de sua explicação aos professores avaliadores; mesmo a FMD seja em grupo.



Fonte: 17

40

DICAS PARA A ELABORAÇÃO DA SD

- Esta sequência didática é uma sugestão; certamente sofrerá alterações em cada contexto;
- O docente que utilizar a sequência precisa planejar e pesquisar para estar seguro ao tirar as dúvidas que porventura os estudantes tenham;
- As concepções prévias dos estudantes que foram adquiridas, por meio do questionário ou de suas falas, na primeira aula precisam ser consideradas na preparação da aula expositiva-dialogada;
- Problematizações, ressignificações e contextualizações são sempre bem vindas para que ocorra a aprendizagem dos estudantes;
- Estar consciente que usar variadas estratégias didáticas é uma forma dinâmica de lecionar e potencializa que ocorra a aprendizagem, uma vez que nem todos aprendem da mesma forma e ao mesmo tempo;
- Professor não é o detentor do saber, seu papel é de mediador e os estudantes devem ter um papel protagonista com postura reflexiva;
- As avaliações somativas e classificatórias precisam dar lugar às avaliações diagnósticas (verifi-

cando o conhecimento prévio) e formativas (verificando se há progresso na aprendizagem) ao longo do processo educativo.

- O professor precisa estar aberto para permitir que o estudante questione gerando reflexão sobre a temática;
- Valer-se de diversas estratégias didáticas são formas de atender às diferenças individuais dos escolares;
- Nem todos os estudantes aprendem ao mesmo tempo e da mesma forma, mas criam-se oportunidades para que ocorra futuramente;
- A abordagem da ética é importante dentro dos temas explorados, pois permitem aos estudantes se posicionarem como cidadãos;
- O professor precisa estabelecer parcerias com outros professores para que estes possam avaliar os estudantes na feira de material didático;
- Por meio do desenvolvimento da SD, o próximo passo sempre precisa ser apresentado aos estudantes. Isto ajuda a diminuir a ansiedade e aumenta a participação e aprimoramento a cada novo passo.

- As listas de exercícios aqui apresentadas são de caráter objetivo, porém, recomendamos a realização de atividades também discursivas. Os exercícios também são estratégias didáticas.

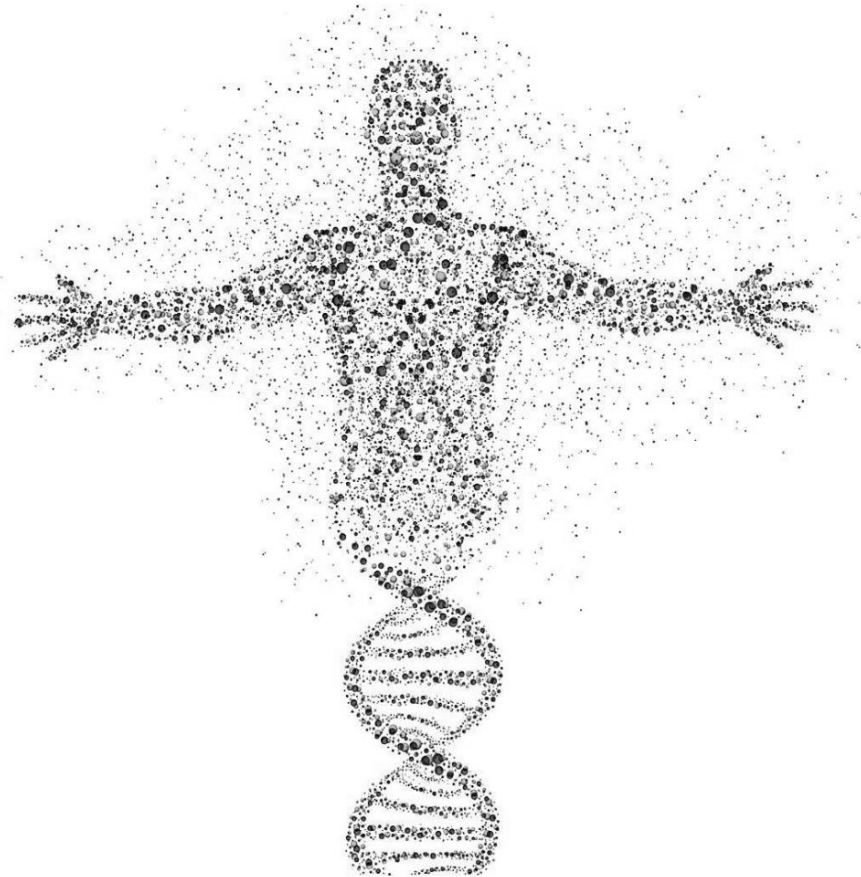
OS RESULTADOS ESPERADOS

A utilização desta sequência didática poderá implicar em uma movimentação no colégio e nas turmas envolvidas. O professor precisa criar um canal de comunicação com os estudantes para sanar possíveis dúvidas que surjam além da sala de aula, tal como a adoção de uma mídia social, por exemplo.

Esperamos que haja melhoria na participação dos estudantes em sala de aula, aumento da responsabilidade, respeito pelos colegas, aquisição de habilidades como leitura e pesquisa, contato, conhecimento e aprendizagem dos conteúdos estruturantes e da genética, se não ocorrer no momento da aplicação da SD, posteriormente quando requisitados tais conhecimentos.

Nós, professores de Biologia, também precisamos estar conscientes que nem todos os estudantes gostam de Biologia. Mesmo assim, nosso desafio é apresentar este campo de conhecimento não só escolar, acadêmico

e erudito, mas ensinar a Biologia. Esta ciência é parte do cotidiano e que, ao se apropriar de tais conhecimentos podem torná-lo cidadãos mais conscientes sobre seu papel no mundo.



Fonte: 18

44

SUGESTÕES

Deixar para utilizar a SD no segundo bimestre, quando os estudantes já estiverem adaptados à rotina da escola, aos professores e à disciplina Biologia.

As avaliações bimestrais, caso seja um requisito obrigatório da escola, precisam considerar o que os estudantes viveram na SD.

Sempre incentivar os estudantes a fazerem as atividades da SD (protagonismo).

O professor deve ter sempre dois planejamentos para usar, caso ocorra algum imprevisto para a aplicação da SD em um dia.

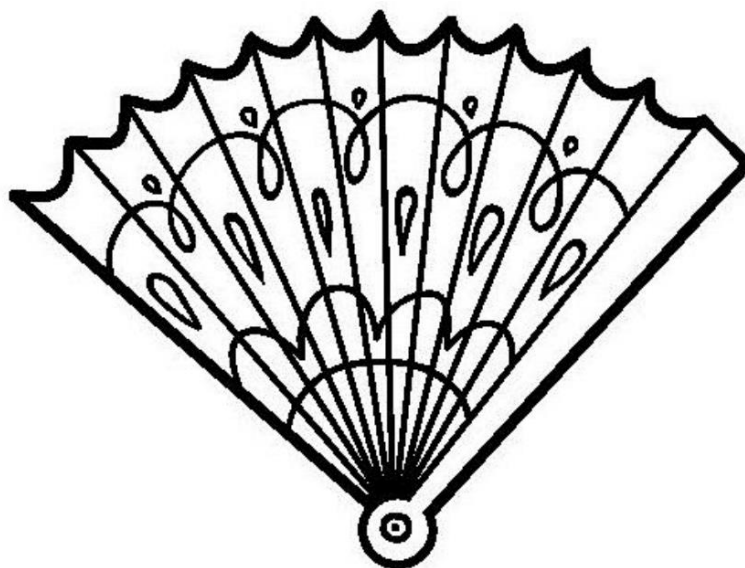
O professor deve usar constantemente as nomenclaturas da Biologia para que os estudantes possam se acostumar com ela. Para isso, podem usar o glossário do livro didático quando uma palavra não for, pelos estudantes, entendida.

Os estudantes podem produzir um glossário, ou fazer a busca por um aplicativo tecnológico que faça isso; há muitos aplicativos que os estudantes podem transferir para seus *smartphones*.

O professor precisa chamar a atenção dos estudantes de que a Biologia não é uma ciência que estuda

apenas os seres humanos, mas sim, toda a biosfera, explicando-a.

Cabe ao professor mediar as temáticas para além da sala de aula, facilitando a discussão crítica para a melhoria da qualidade de vida.



O QUE FICA PARA NOSSA REFLEXÃO

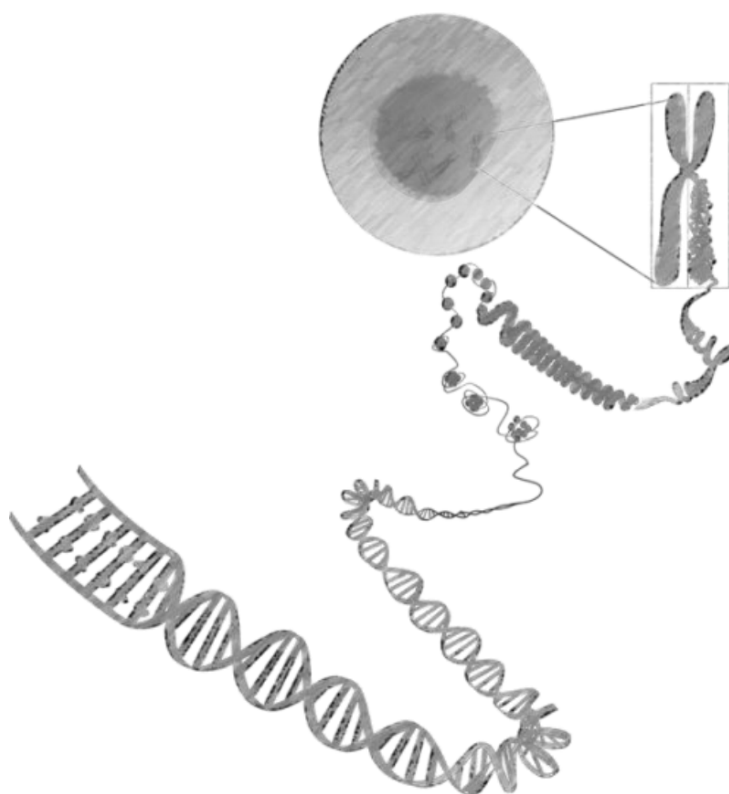
As estratégias didáticas são para o ensino e aprendizagem dos estudantes e estes têm responsabilidades sobre sua própria aprendizagem, por meio da participação das estratégias e também em confeccioná-

Fonte: 19

46

las, quando necessário. Os estudantes não devem ser passivos, mas protagonistas, proativos e coautores do ato educativo.

Nós, professores, assumimos um papel de “criador de situações estimulantes”, e as estratégias didáticas contribuem para isso.



Esteja à vontade para usar e adaptar essa sequência didática ao seu contexto.

Fonte: 20 e 21

47

ONDE SABER MAIS

- BARBOSA, M.D.; COSTA, G.M. Ácidos nucleicos: como entender isso? **Revista Genética na Escola**. SP, v. 02, p. 06-10, 2011.
- DENTILLO, D.B. Divisão celular: representação com massa de modelar. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 03, n. 03, p. 33-36, 2009.
- FERREIRA, F.E.; CELESTE, J.L.L.; SANTOS, M.C.; MARQUES, E.L.C.R.; VALADARES, B.L.B.; OLIVEIRA, M.S. “Cruzamentos mendelianos”: o bingo das ervilhas. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 01, p. 05-12, 2010.
- LEAL, C.A.; RÔÇAS, G.; BARBOSA, J.V. A genética e seus conteúdos estruturantes na investigação de livros do PNLD 2015. **Debates em Educação Científica e Tecnológica**. Vitória, ES, v. 06, n. 03, set. p. 66-91, 2016. Disponível em: <<http://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/viewFile/483/414>>. Acesso em: 04 de out. de 2016.
- MORI, L.; PEREIRA, M.A.Q.R.; VILELA, C.R. Meiose e as leis de Mendel. **Revista Genética na Escola**. SP, v. 06, n. 01, p. 34-41, 2011.
- OLIVEIRA, M.M. **Sequência Didática Interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013, 285p.
- TEMP, D.S.; CARPILOVSKY, C.K.; GUERRA, L. Cromossomos, gene e DNA: utilização de modelo didático. **Revista Genética na Escola**. SP, n. 01, p. 09-11, 2011.
- Sítio eletrônico da **Revista Genética na Escola**: <<http://www.geneticanaescola.com.br/>>.
- Sítio eletrônico da **Sociedade Brasileira de Genética**: <<https://www.sbg.org.br/>>.
- Sítio eletrônico da **História da Genética do Brasil**: Em: <<https://www.youtube.com/channel/UCQ7KAILT4kNCZXZIUP-000A>>.

Referências das imagens

As imagens foram alteradas para ficarem com coloração cinza e facilitar a impressão em baixo custo.

- 01 – Ervilha *Pisum sativum*. Disponível em:
<<https://legumeinfo.org/organism/Pisum/sativum>>.
- 02 – Ilustração de Gregor Mendel. Disponível em:
<<https://andinil.deviantart.com/art/Gregor-Mendel-442708181>>.
- 03 – Ilustração de uma célula eucariótica. Disponível em:
<<https://www.thinkinglink.com/scene/701445325230964738>>.
- 04 – Livros. Disponível em: <<https://pixabay.com/pt/livro-rack-prateleira-mobili%C3%A1rio-2943383/>>.
- 05 – Genética. Disponível em: <<https://ciencias-naturales-eso.wikispaces.com/GEN%C3%89TICA+HUMANA>>.
- 06 – Meiose. Disponível em:
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meiosis_Stages_-_Numerical_Version.svg>.
- 07 – Ciência. Disponível em:
<<http://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2014/08/novas-fronteiras-da-ciencia.html>>.
- 08 – Cuidado escola. Disponível em:
<<https://nucleopsolisegoria.wordpress.com/2014/03/31/sobre-a-formacao-teorica/>>.
- 09 – Criança estudando. Disponível em:
<<https://pixabay.com/pt/crian%C3%A7a-estudo-menino-prova-1529218/>>.
- 10 – Docente explicando. Disponível em:
<<https://pixabay.com/pt/menina-saia-sorriso-bonito-ponto-1600991/>>.
- 11 – Gregor Mendel e as ervilhas. Disponível em:
<<http://francisolibanio.blogspot.com.br/2013/04/894-soneto-das-ervilhas-de-mendel.html>>.
- 12 – Caminho de trilhos. Disponível em:
<<https://pixabay.com/pt/gleise-antigos-trilhos-de-trem-1555348/>>.

- 13 – Docente explicando. Disponível em: <<https://pixabay.com/pt/sala-de-aula-apresenta%C3%A7%C3%A3o-escola-1297780/>>.
- 14 – Origami de DNA. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/SmellaSchuindtLeal/origami-dna-15057156>>.
- 15 – Fases da mitose. Disponível em: <<http://professorthiagorenno.blogspot.com.br/2012/02/divisao-celular-001-mitose.html>>.
- 16 – Filme Gattaca. Disponível em: <<https://prepareyourselfenglish.wordpress.com/2014/03/22/gattaca-plot-summary-genoism-impact-on-society/>>.
- 17 – Pessoas conversando. Disponível em: <<https://pixabay.com/pt/sala-de-aula-aprendizado-cooperativo-1297779/professores-conversando>>.
- 18 – DNA e homem. Disponível em: <<https://pixabay.com/pt/homem-dna-espiral-biologia-fundir-2125123/>>.
- 19 – Leque de opções. Disponível em: <<http://moda.colorir.com/leque-estampado.html>>.
- 20 – Célula com DNA. Disponível em: <<https://pixabay.com/pt/gen%C3%A9tica-cromossomos-rna-dna-156404/>>.
- 21 – Sequência de pares de bases do DNA. Disponível em: <<http://romeo.if.usp.br/~brownngon/02/EstruturaMolecular.html>>.

- Tese disponível em Arca Fiocruz: <<https://www.arca.fiocruz.br/>>. Título: **Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes**. Orientadora: Prof.^a Dr^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles.

BIOGRAFIA DAS AUTORAS

► Cristianni Antunes Leal

Formada em Ciências Biológicas; Mestre em Ensino de Ciências e Doutora em Ensino em Biociências e Saúde.

Professora da educação básica de Ciências e Biologia.

Área de interesse: estratégias didáticas.

Contato: caleal1@gmail.com

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6970919944405197>

► Giselle Rôças de Souza Fonseca

Formada em Ciências Biológicas; Mestre e Doutora em Ecologia.

Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, e do Mestrado em Ensino de Ciências do IFRJ.

Área de interesse: formação de professores e ensino das Ciências em espaços formais de ensino.

Contato: giselle.rocas@ifrj.edu.br

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4000001895246021>

► Rosane Moreira Silva de Meirelles

Formada em Ciências Biológicas; Mestre e Doutora em Biologia Celular e Molecular.

Professora efetiva na Universidade do Estado do Rio de Janeiro; docente no Programa *Stricto sensu* em Ensino em Biociências e Saúde na Fiocruz.

Área de interesse: Ensino e aprendizagem em Ciências e Biologia; Educação Ambiental; Educação e Saúde; Biologia Celular; Ciência e Arte; Produção e Avaliação de Recursos Educativos para o Ensino.

Contato: rosanemeirelles@gmail.com

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5206162448542942>

Apêndice B' – lista de exercícios - DNA

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____ Data: _____

Ácido Nucleico: ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (o DNA)

1 O que significa dizer que as duas cadeias de uma molécula de DNA são complementares? **D**

- a) Elas têm os mesmos tipos de bases nitrogenadas.
 b) Uma delas é formada apenas pelas bases A/T, e a outra, por C/G.
 c) Onde houver A em uma delas, haverá U na outra; onde houver C em uma delas, haverá G na outra.
 d) Onde houver A em uma delas, haverá T na outra; onde houver C em uma delas, haverá G na outra.

2 Um pesquisador descobriu que a sequência de bases de um trecho de uma molécula de DNA é AT-TACGAGGTACATTCCG. Qual será a sequência de bases na cadeia complementar no mesmo trecho? **C**

- a) ATTACGAGGTACATTCCG.
 b) GCCGTAGAACGTGCCTA.
 c) TAATGCTCCATGTAAGC.
 d) Não pode ser determinada.

3 Em 1953, Watson e Crick decifram que a estrutura da molécula de DNA é uma dupla-hélice, responsável pelas características dos organismos. Com os conhecimentos atuais, julgue as afirmativas sobre a molécula de DNA. **D**

I. Na autoduplicação da molécula de DNA, cada filamento original serve de molde para a síntese de um novo filamento (duplicação semiconservativa).

II. A base nitrogenada adenina emparelha-se com a citosina, enquanto a timina emparelha-se com a guanina.

III. As bases nitrogenadas dos dois filamentos estão unidas por ligações denominadas pontes de hidrogênio.

Está(ão) correta(s) a afirmativa(s)

- A) I somente C) I e II E) II e III
 B) II somente D) I e III

4 Um fabricante afirma que um produto disponível comercialmente possui DNA vegetal, elemento que proporciona melhor hidratação dos cabelos.

Sobre as características químicas dessa molécula essencial à vida, é correto afirmar que o DNA: **A**

A De qualquer espécie serviria, já que tem a mesma composição.

B De origem vegetal é diferente quimicamente dos demais, pois possui clorofila.

C Das bactérias poderia causar mutações no couro cabeludo.

D Dos animais se encontra sempre envelado e é de difícil absorção.

E De características básicas assegura sua eficiência hidratante.

5 Adenina, guanina e citosina são bases presentes tanto na estrutura do DNA como na de RNA (outro ácido nucleico, o ácido ribonucleico). Qual das moléculas abaixo também está presente em ambas? **D**

- A) Uracil C) Ribose E) Desoxirribose
 B) Timina D) Fosfato

6 A molécula de DNA armazena informação genômica que é transcrita e traduzida por mecanismos elegantes como os de transcrição e tradução. Entretanto, entre os distintos indivíduos biológicos construídos por mensagem contida no DNA, há uma singularidade biológica que se repete, mas se diferencia pelo modo como esta é organizada. Essa descrição corresponde à(s) **C**

- A) Molécula de RNAr C) Bases nitrogenadas
 B) Moléculas de RNAt D) Molécula de RNAm

7 A sequência abaixo indica de maneira simplificada os passos seguidos por um grupo de cientistas para a clonagem de uma vaca: **B**

I. Retirou-se um óvulo da vaca **Z**. O núcleo foi desprezado, obtendo-se um óvulo anucleado.

II. Retirou-se uma célula da glândula mamária da vaca **W**. O núcleo foi isolado e conservado, desprezando-se o restante da célula.

III. O núcleo da célula da glândula mamária foi introduzido no óvulo anucleado. A célula reconstituída foi estimulada para entrar em divisão.

IV. Após algumas divisões, o embrião foi implantado no útero de uma terceira vaca, **Y**, mãe de aluguel.

O embrião se desenvolveu e deu origem ao clone. Considerando que os animais **Z**, **W** e **Y** não têm parentesco, pode-se afirmar que o animal resultante da clonagem tem as características genéticas da(s) vaca(s):

- A) **Z**, apenas C) **Y**, apenas E) **Z**, **W** e **Y**
 B) **W**, apenas D) **Z** e **W**, apenas

8 Em 1950, Erwin Chargaff e colaboradores estudavam a composição química do DNA e observaram que a quantidade de adenina (A) é igual à de timina (T), e a quantidade de guanina (G) é igual à de citosina (C) na grande maioria das duplas fitas de DNA. Em outras palavras, esses cientistas descobriram que o total de purinas (A + G) e o total de pirimidinas (C + T) eram iguais. Um professor trabalhou esses conceitos em sala de aula e apresentou como exemplo uma fita simples de DNA com 20 adeninas, 25 timinas, 30 guaninas e 25 citosinas.

Qual a quantidade de cada um dos nucleotídeos, quando considerada a dupla fita de DNA formada pela fita simples exemplificada pelo professor? **C**

- a) Adenina: 20; Timina: 25; Guanina: 25; Citosina: 30.
 b) Adenina: 25; Timina: 20; Guanina: 45; Citosina: 45.
 c) Adenina: 45; Timina: 45; Guanina: 55; Citosina: 55.
 d) Adenina: 50; Timina: 50; Guanina: 50; Citosina: 50.
 e) Adenina: 55; Timina: 55; Guanina: 45; Citosina: 45.

9 O DNA e o RNA diferenciam-se, entre outras características, pela base nitrogenada que possuem. Entre as bases citadas a seguir, marque a única que não ocorre em uma molécula de DNA. **E**

- a) adenina. b) citosina. c) guanina.
 d) timina. e) uracila.

Apêndice B'' – lista de exercícios - mitose

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____ Data: _____

MITOSE

*** Considere as alternativas a seguir para responder às questões de 1 a 6.

a) Ciclo celular	b) Interfase	c) Período G0
d) Período G1	e) Período G2	f) Período S

- Como se denomina o período que se inicia com o surgimento de uma célula por divisão e se encerra com a divisão dessa célula formando duas células-filhas? **a**
- Que etapa da vida da célula antecede a duplicação dos cromossomos? **d**
- Qual é a etapa da vida da célula compreendida entre o final da duplicação dos cromossomos e o início da divisão celular? **e**
- Em qual etapa a célula está duplicando seus cromossomos? **f**
- Que nome recebe a fase em que a célula não está se dividindo? **b**
- Em que fase se encontra uma célula que, em condições normais, não vai mais se dividir? **c**

*** Considere as alternativas a seguir para responder às questões de 07 a 14.

a) Anáfase	b) Citocinese
c) Colchicina	d) Fragmoplasto
e) Metáfase	f) Placa metafásica
g) Prófase	h) Telófase

- Em que etapa da divisão celular os cromossomos iniciam a condensação? **G**
- Em qual etapa da divisão celular os cromossomos estão sendo puxados para os polos da célula? **A**
- Qual das alternativas refere-se a uma droga utilizada para bloquear a divisão celular e que permite observar cromossomos e determinar o cariótipo? **C**
- Qual é o nome dado ao conjunto de cromossomos dispostos na região equatorial da célula? **F**
- Como se denomina o conjunto de microtúbulos presentes na região mediana de uma célula vegetal em final de divisão e que orienta a formação da placa celular responsável pela divisão do citoplasma? **D**
- Como se denomina a etapa da divisão celular em que os cromossomos estão arranjados na região equatorial da célula? **E**
- Qual é a etapa final da divisão celular, na qual os núcleos se reorganizaram? **H**
- Como se chama o processo que ocorre após a divisão do núcleo celular e que divide a célula em duas? **B**

- A divisão mitótica de uma célula humana ($2n = 46$) produz **b**
 - Duas células com 23 cromossomos cada.
 - Duas células com 46 cromossomos cada.
 - Quatro células com 23 cromossomos cada.
 - Quatro células com 46 cromossomos cada.
- Quantas cromátides estarão presentes em cada núcleo de células humanas, na prófase e na telófase da mitose, respectivamente? **C**

	Núcleo em prófase	Núcleo em telófase
a)	46 cromátides	23 cromátides
b)	46 cromátides	46 cromátides
c)	92 cromátides	46 cromátides
d)	92 cromátides	92 cromátides
- O período que precede a mitose é denominado de interfase. Nessa fase ocorre a duplicação do DNA, evento que garante a transmissão das informações existentes na célula original para cada uma das células-filhas. A duplicação do DNA origina a formação de pares de: **a**
 - Cromátides-irmãs presas uma à outra pelo centrômero;
 - Cromossomos homólogos ligados pelos quiasmas;
 - Núcleolos portadores de genes alelos;
 - Cromossomos duplos, cada um com uma cromátide;
 - Cromatinas diploides dispersas no nucléolo.
- No processo de divisão celular, por mitose, chamamos de célula-mãe aquela que entra em divisão e de células-filhas as que se formam como resultado do processo.

Ao final da mitose de uma célula, têm-se: **a**

 - Duas células, cada uma portadora de metade do material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora e a outra metade, recém-sintetizada;
 - Duas células, uma delas com material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora e a outra célula com material genético recém-sintetizado;
 - Três células, ou seja, a célula-mãe e duas células-filhas, estas últimas com metade do material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora e a outra metade, recém-sintetizada;
 - Três células, ou seja, a célula-mãe e duas células-filhas, estas últimas contendo material genético recém-sintetizado;
 - Quatro células, duas com material genético recém-sintetizado e duas com material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora.
- Um bioquímico mediu a quantidade de DNA em células cultivadas em laboratório e verificou que a quantidade de DNA na célula duplicou: **a**
 - Entre as fases G1 e G2 do ciclo celular.
 - Entre a prófase e a anáfase da mitose.
 - Durante a metáfase do ciclo celular.
 - Entre a prófase I e a prófase II da meiose.
 - Entre a anáfase e a telófase da mitose.

Apêndice B''' – lista de exercícios - meiose

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____ Data: _____

MEIOSE (R1)

*** Considere as alternativas a seguir para responder às questões de 01 a 04.

a) Bivalente, ou tétrade	b) Complexo sinaptonêmico
c) Quiasma	d) Permutação, ou crossing-over

01. Como se denomina a estrutura em forma de X, observada nos cromossomos homólogos durante o início da meiose e que resulta da troca de pedaços entre cromátides? **c**

02. Que nome recebe a troca de pedaços entre cromátides homólogas que ocorre na meiose? **d**

03. Qual é a estrutura responsável pelo emparelhamento dos cromossomos homólogos na meiose? **b**

04. Na meiose, como se denomina um par de cromossomos homólogos perfeitamente emparelhados? **A**

*** Considere as alternativas a seguir, que apresentam fases da meiose, para responder às questões de 05 a 09.

a) Diacinese	b) Diplótenu
c) Leptótenu	d) Paquíteno
e) Zigótenu	-

05. Em que fase os cromossomos começam a se condensar e aparecem os cromômeros? **C**

06. Em que fase ocorre o emparelhamento dos cromossomos homólogos? **E**

07. Em que fase ocorre trocas de pedaços entre cromátides homólogas? **D**

08. Qual é a fase caracterizada pela visualização dos quiasmas? **B**

09. Em que fase os quiasmas parecem deslizar para as extremidades cromossômicas? **A**

*** Considere as alternativas a seguir para responder às questões 10 e 11

a) Mitose, apenas	b) Meiose I, apenas
c) Meiose I e Meiose II, apenas	d) Mitose e meiose II

10. Em que processo os cromossomos homólogos migram para polos opostos da célula? **B**

11. Em que processo as cromátides-irmãs migram para polos opostos da célula? **D**

12. Os produtos imediatos da meiose de uma abelha e de uma samambaia são, respectivamente: **b**

a) Esporos e gametas	b) Gametas e esporos
c) Gametas e Zigotos	d) Ambos esporos

e) Ambos gametas	-
------------------	---

13. I. A ocorrência de "crossing-over" durante a meiose I é um dos principais fatores responsáveis pela variabilidade genética em uma espécie.
II. O "crossing-over" ocorre na prófase I, após o pareamento dos cromossomos homólogos.
III. Os centrômeros representam os locais onde houve a quebra e troca de fragmentos de cromossomos.
Em condições normais, não há separação de cromátides-irmãs durante a meiose I. **A**

Estão corretas apenas as afirmações:

a) I, II e IV	b) I e IV	c) II, III e IV
d) II e III	e) I, II e III	-

14. Pode-se afirmar a respeito da meiose: **D**

a) Dá origem a quatro células diploides.
b) Na metafase II ocorre pareamento dos cromossomos homólogos.
c) É o processo de divisão das células somáticas.
d) Sua primeira divisão é reducional.
e) Os cromossomos estão sempre desespiralizados.

15. Considere as associações abaixo sobre as fases da meiose e suas características.

Fases	Características
I. Anáfase I	Cromossomos duplicados nos polos da célula com divisão dos centrômeros.
II. Prófase I	Permuta gênica entre cromossomos homólogos.
III. Metafase I	Os cromossomos permanecem unidos pelos quiasmas.
IV. Telófase	Os cromossomos encontram-se nos polos e duplicados.
V. Metafase II	Cromossomos não alinhados no equador da célula e não permutados.
VI. Telófase II	Cada uma das células formadas apresenta cromossomos não duplicados e geneticamente diferentes.

Determine a alternativa cujas associações estão todas corretas. **B**

a) II, V, VI	b) II, IV, VI	c) II, III, VI
d) I, III, V	e) I, V, VI	-

16. Durante a meiose, o pareamento dos cromossomos homólogos é importante, porque garante: **E**

a) a formação de células-filhas geneticamente idênticas à célula-mãe.
b) a menor variabilidade dos gametas.
c) a separação dos cromossomos não homólogos.
d) a duplicação do DNA, indispensável a esse processo.
e) a possibilidade de permuta gênica.

17. Sobre a meiose é correto afirmar que: **A**

a) O pareamento dos cromossomos é um processo exclusivo da meiose.
b) Ocorre apenas na formação de gametas.
c) Ocorre em organismos procariontes.
d) É o processo que origina quatro células diploides.

Apêndice B''' – lista de exercícios – genética

Biologia	
Nome: _____ nº: _____ Turma: _____ Data: _____	
GENÉTICA (I)	
<p>1. Qual das alternativas contém o ponto fundamental da hipótese proposta por Mendel, que constitui a 1ª lei da herança? C</p> <p>a) Autofecundação; b) Fecundação cruzada; c) Separação dos fatores hereditários na formação dos gametas; d) União dos fatores hereditários na formação dos gametas.</p> <p>2. Sobre a relação entre genótipo, fenótipo e ambiente é correto dizer que: B</p> <p>a) O fenótipo é determinado exclusivamente pelo genótipo. b) O fenótipo é determinado pelo genótipo em interação com o ambiente. c) O genótipo é determinado exclusivamente pelo fenótipo. d) O genótipo é determinado pelo fenótipo em interação com o ambiente.</p> <p>*** Utilize as alternativas a seguir para responder às questões 3 e 4.</p> <p>a) Dois fenótipos, um correspondente aos genótipos homocigótico dominante e heterocigótico, e outros correspondente ao genótipo homocigótico recessivo. b) Dois fenótipos, um correspondente aos genótipos homocigóticos recessivo e heterocigótico, e outro correspondente ao genótipo homocigótico dominante. c) Três fenótipos, cada um correspondente a um dos três genótipos. d) Apenas um fenótipo, correspondente aos três genótipos.</p> <p>3. Um gene com dois alelos, um dominante sobre o outro, determina (A).</p> <p>4. Um gene com dois alelos e dominância incompleta determina (C).</p> <p>*** Utilize as alternativas a seguir para responder às questões 5 e 7.</p> <p>a) Duas células, cada uma com os alelos A e a. b) Duas células, uma com o alelo A, e a outra com alelo a. c) Quatro células, cada uma com os alelos A e a. d) Quatro células, duas com o alelo A e duas com o alelo a.</p> <p>5. Uma célula com genótipo Aa origina, ao fim da meiose (D).</p> <p>6. Uma célula com genótipo Aa origina, ao fim da mitose, (A).</p> <p>*** Utilize as alternativas a seguir para responder às questões 7 e 8.</p> <p>a) 100% de indivíduos com fenótipo dominante. b) 100% de indivíduos com fenótipo recessivo. c) 75% de indivíduos com fenótipo dominante e 25% com fenótipo recessivo.</p>	<p>d) 50% de indivíduos com fenótipo dominante e 50% com fenótipo recessivo.</p> <p>7. O chamado cruzamento-teste, em que se cruza um indivíduo de fenótipo dominante (AA ou Aa) com um de fenótipo recessivo (aa), revela que o indivíduo testado é homocigótico se sua descendência for constituída por (A).</p> <p>8. O cruzamento-teste revela que um indivíduo de fenótipo dominante é heterocigótico se sua descendência for constituída por (D).</p> <p>9. Cruzamento-teste é aquele em que um indivíduo de genótipo desconhecido é cruzado com D</p> <p>a) Outro indivíduo de genótipo desconhecido. b) Um indivíduo de fenótipo condicionado pelo alelo dominante. c) Um indivíduo portador de um alelo letal. d) Um indivíduo de genótipo recessivo.</p> <p>10. Uma célula duplo-heterocigota quanto a dois pares de alelos Aa e Bb localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos formará por meiose quatro células, sendo D</p> <p>a) Uma portadora de A, outra de a, outra de B e outra de b. b) Uma portadora de AB, outra de ab, outra de aB e outra de ab. c) Uma portadora de AA, outra de Ab, outra de aB e outra de aa. d) Duas portadoras de AB e duas portadoras de ab, ou duas portadoras de Ab e duas portadoras de aB.</p> <p>11. Um indivíduo multicelular duplo-heterocigótico quanto a dois pares de alelos, Aa e Bb, localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, forma gametas na proporção de B</p> <p>a) 1 A : 1 a : 1 B : 1 b b) 1 AB : 1 Ab : 1 aB : 1 ab c) 1 AA : 1 Ab : 1 aB : 1 aa d) 1 AB : 1 ab ou 1 Ab : 1 aB.</p> <p>12. Com relação ao processo conhecido como <i>crossing-over</i>, podemos afirmar que ele. D</p> <p>a) Diminui a variabilidade genética. b) Separa cromátides homólogas. c) Corrige a recombinação gênica. d) Aumenta a variabilidade genética. e) Troca cromossomos entre genes homólogos.</p> <p>13. Sabe-se que o casamento consanguíneo, ou seja, entre indivíduos que são parentes próximos, resulta numa maior frequência de indivíduos com anomalias genéticas. Isso pode ser justificado pelo fato de os filhos apresentarem: B</p> <p>a) maior probabilidade de heterocigotos recessivos b) maior probabilidade de homocigotos recessivos c) menor probabilidade de heterocigotos dominantes d) menor probabilidade de homocigotos dominantes e) menor probabilidade de homocigotos recessivos</p>

Apêndice C – questionário do filme Gattaca

avaliação em dupla
Biologia

Nomes: _____ e _____
Tema: _____ Data: _____

Filme: GATTACA – A experiência genética

ATENÇÃO ao que se pede, não fuja da questão.

GATTACA

- 1- Qual o personagem principal?
- 2- O personagem principal foi concebido de forma natural ou por meio de concepção artificial?
- 3- No Filme, por que a concepção artificial é considerada a melhor que a natural?
- 4- Na época do enredo do filme, observa-se que as discriminações já não se devem ao status social, poder econômico, poder político, cor de pele, gênero ou opção social. A discriminação provem da ciência. Com base nesses fatores explique o que é Eugenia ou Geneismo que o filme mostra.
- 5- Por que o personagem principal do filme é dominado inválido?
- 6- Durante a infância o protagonista do filme descobre sua paixão pela astronomia e deseja ir ao espaço. Entretanto tal sonho parecia impossível na estrutura social vigente, fato este sempre lembrado por seus pais. Certo dia, porém, o protagonista vence o irmão considerado geneticamente superior em uma prova de resistência física. Que prova é essa e o que mudou na vida dele a partir desse dia?
- 7- Você concorda que apenas os geneticamente perfeitos devam ter os melhores empregos, salários, ascensão social? Discuta a respeito (faça um relato e defenda seu ponto de vista com argumentos).
- 8- Se fosse você, a vítima do preconceito, o que faria? Relate a respeito com argumentos.
- 9- A ciência avança a passos largos, o que era uma novidade em 1997, época do filme, hoje é uma realidade. Você acha justo a discriminação genética? Argumente.
- 10- Afinal o que é analisado em cada amostra biológica?

ANEXOS

Anexo A – letra da música ácidos nucleicos

Letra da música:

ÁCIDOS NUCLEICOS

Ácido nucleico duas formas tem, é o DNA e o RNA também (bis)

Sua menor unidade nucleotídeo é chamada que estão ligados fosfato, pentose e uma base nitrogenada.

Pra se unirem e formarem cadeia, nos nucleotídeos, dentro da mesma fileira
Fosfato vai ligando, formando a escadinha
Com a pentose do nucleotídeo e o vizinho.

O DNA tem cadeia dupla podemos chamar
pentose é a desoxirribose e as bases que vão se ligar.
Adenina se liga à timina, se for guanina que se junta é citosina.
Autoduplicação, mecanismo celular,
Hereditariedade, transcrição em RNA.

Ácido nucleico...

E na transcrição DNA vai formando RNA,
A fita dupla vai se abrindo, nucleotídeos vão se parear.
Adenina se liga à uracila, se for guanina quem se junta é citosina.
Mas se no DNA a base for a timina,
No RNA quem se junta é adenina.
RNA fita simples que vem do DNA (pela transcrição),
Pentose agora é ribose e as fitas podem se ligar (pelas bases).
Adenina se liga à uracila, se for guanina quem se junta é citosina.
Processo importante veja só, nunca termina.
São três RNAs para formar a proteína.

Ácido nucleico...

RNA Mensageiro é produzido pelo DNA, chegando até o citoplasma a proteína já vai se formar,
O segundo é o Transportador, leva aminoácidos ao polirribossomo,
O terceiro é conhecido por função estrutural, chamado Ribossomo que faz tradução legal.

E pra encerrar não podemos nunca mais nos enganar.
As bases conhecidas como púricas já podem se apresentar:
Adenina e guanina elas são.
E as pirimídicas não tem mais erro não, timina, citosina, uracila já serão.

Então já vou cantando e guardando essa canção.

Ácido nucleico...

E aí moçada! Nós vimos os ácidos nucleicos hein! O DNA e o RNA.
Vimos também a importância deles. Fique ligado então.
Assim como nos amigos nucleotídeos.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IjmS_t3G1mY>. Acesso em: 23 de abril de 2015.

Anexo B – protocolo de extração do DNA da cebola

Biologia

Experiência: Extração de DNA da cebola

EXTRAÇÃO DE DNA DA CEBOLA

Ingredientes:

- Uma cebola grande;
- Faca de cozinha;
- Uma colher de sopa;
- Uma colher de chá;
- Dois copos de vidro;
- Água filtrada;
- Sal de cozinha;
- Detergente incolor;
- Álcool gelado;
- Filtro de café;
- Gelo moído;
- Pano de prato para retirar o copo do banho-maria;
- Local para se fazer banho-maria.

Cuidado com sua segurança!

Faça com empenho e maturidade!

Cada um em seu grupo!

A EXPERIÊNCIA

Deixar de um dia para outro, 1 litro de álcool no congelador (ele não vai congelar);
Antes de começar a experiência, deixar no fogo uma panela com água, necessita para o banho-maria.

PASSOS:

1. Encher um copo com água, até um terço (um pouco mais da metade) e colocar uma colher de detergente (detergente incolor). Coloca o detergente no copo e mexe bem devagar com a colher, não pode formar espuma!
2. Depois, coloca (mais ou menos) uma colher de chá de sal (colher menor). Mexe devagar. Este copo fica descansando, pois vai cortar a cebola;
3. Corta a cebola em pedacinhos e coloca a cebola no copo que estava descansando. Sem movimentos bruscos para não criar espuma.
4. Tapa o copo com plástico (papel filme) e coloca em banho-maria, em fogo baixo por 20 minutos.
5. Após, é hora de filtrar a mistura (quente). Usa um filtro de café e um segundo copo. Deixa encher a metade do copo. Tapa com plástico e deixa em um pote com gelo por 5 minutos:
6. Após os 5 minutos, pega o copo gelado.
7. NÃO mexe bruscamente para não formar espuma e adiciona álcool gelado. Muito devagar e ao lado da borda. Coloca álcool, até encher o copo.
8. O DNA começa a aparecer na divisa entre o álcool e a água. Leva uns 5 minutos a 10 minutos para o DNA aparecer.
9. Após uns 10 minutos o DNA começa a aparecer. Ao se colocar em um fundo preto é possível visualizar melhor.

Naquela "melequinha", está o código genético da cebola. O que diferencia o ser humano da cebola são aquelas moléculas que estão dentro da célula da cebola. Todos os seres vivos apresentam o DNA como código genético. E o DNA fica dentro da célula (procaríótica e eucariótica).

Referência (modificado de): <<http://www.manualdomundo.com.br/2011/09/como-ver-o-dna-da-cebola/>>. Acesso em: 28 de mar. de 2015.



Transmita o que aprendeu. Força, mestria. Mas fraqueza, insensatez, fracasso também. Sim. Fracasso acima de tudo. O maior professor, o fracasso é. Luke, nós somos o que eles crescem além. Esse é o verdadeiro fardo de todos os mestres.

Mestre Yoda
(Filme *Star Wars*)

Fonte:

LEAL, C.A. **Estratégias didáticas como proposta ao ensino da genética e de seus conteúdos estruturantes**. 2017. 305f. Tese. Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ensino em Biociências e Saúde (PG-EBS), Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). Campus: Manguinhos. Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Rosane Moreira Silva de Meirelles. Rio de Janeiro, 2017.

