

MINISTÉRIO DA SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

DOUTORADO EM ENSINO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE

**EM BUSCA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE
FERRAMENTAS DE BIOINFORMÁTICA PARA O ENSINO DE
GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO**

ANNA CAROLINA DE OLIVEIRA MENDES

**RIO DE JANEIRO
JULHO DE 2022**



Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE

ANNA CAROLINA DE OLIVEIRA MENDES

EM BUSCA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE
BIOINFORMÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

TESE APRESENTADA AO INSTITUTO OSWALDO CRUZ COMO
PARTE DOS REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM ENSINO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE.

ORIENTADORA: DRA. MARIA DE FÁTIMA ALVES DE OLIVEIRA

RIO DE JANEIRO
JULHO DE 2022

Mendes, Anna Carolina de Oliveira.

Em busca do Letramento Científico: análise de ferramentas de Bioinformática para o ensino de Genética no ensino médio. / Anna Carolina de Oliveira Mendes. - Rio de Janeiro, 2022.

XIX, 272 f.; il.

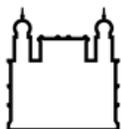
Tese (Doutorado) - Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, 2022.

Orientadora: Maria de Fátima Alves de Oliveira.

Bibliografia: f. 186-219

1. Letramento Científico. 2. Ensino de Biologia. 3. Ensino de Genética. 4. Bioinformática. I. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca de Manguinhos/Icict/Fiocruz com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Igor Falce Dias de Lima - CRB-7/6930.



Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE

AUTORA: ANNA CAROLINA DE OLIVEIRA MENDES

EM BUSCA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE
BIOINFORMÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

ORIENTADORA: PROF. DRA. MARIA DE FÁTIMA ALVES DE OLIVEIRA

APROVADA EM: **15/07/2022**

EXAMINADORES

PROF. DRA. ANNA CRISTINA CALÇADA CARVALHO – **PRESIDENTE** (IOC/FIOCRUZ)

PROF. DRA. PAULA ALVAREZ ABREU – **1º MEMBRO** (UFRJ/RJ)

PROF. DR. TARCÍSIO JOSE DOMINGOS COUTINHO – **2º MEMBRO** (IFCE/CE)

PROF. DRA. JESSICA NORBERTO ROCHA – **SUPLENTE INTERNO/REVISORA** (IOC/FIOCRUZ)

PROF. DRA. LEANDRA MARQUES CHAVES MELIM – **SUPLENTE EXTERNO** (UFRRJ/RJ)

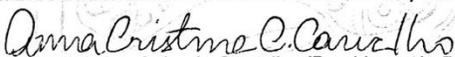
RIO DE JANEIRO, 15 DE JULHO DE 2022



Ministério da Saúde

Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz

Ata da defesa de tese de doutorado acadêmico em Ensino em Biociências e Saúde de **Anna Carolina de Oliveira Mendes**, sob orientação da Dr^a. **Maria de Fátima Alves de Oliveira**. Ao décimo quinto dia do mês de julho de dois mil vinte e dois, realizou-se às treze horas e trinta minutos, de forma síncrona remota, o exame da tese de doutorado acadêmico intitulada: **"Em busca do letramento científico: análise de ferramentas de bioinformática para o ensino de genética no ensino médio"**, 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. **Anna Cristina Calçada Carvalho** – IOC/FIOCRUZ (Presidente), Dr^a. **Paula Alvarez Abreu** – UFRJ/RJ, Dr. **Tarcísio Jose Domingos Coutinho** – IFCE/CE, e como suplentes: Dr^a. **Jéssica Norberto Rocha**- CECIERJ e Dr^a. **Leandra Marques Chaves Melim** - UFRRJ/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 APPROVAÇÃO da defesa da tese de doutorado acadêmico. 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 Presidente da Banca atesta a decisão e a participação da aluna e de todos o membros da banca de forma síncrona remota. A Coordenadora do Programa Dr^a. **Clelia Christina Mello Silva Almeida da Costa**, assinou a presente ata tomando ciência da decisão dos membros da banca examinadora. Rio de Janeiro, 15 de julho de 2022.


Dr^a. **Anna Cristina Calçada Carvalho** (Presidente da Banca):


Dr^a. **Clelia Christina Mello Silva Almeida da Costa** (Coordenadora do Programa):

Av. Brasil, 4365 Manguinhos Rio de Janeiro RJ Brasil CEP: 21040-360

Contatos: (21) 2562-1201 / 2562-1299 E-mail: atendimentoeac@ioc.fiocruz.br Site: www.fiocruz.br/iocensino

Dedico esse trabalho às três pessoas mais importantes da minha vida: meu pai Nilton, minha mãe Sueli e ao meu marido Felipe. Vocês foram meu alicerce nessa jornada, meu incentivo diário para seguir, minha calma no momento do caos. Obrigada por entenderem meus momentos de ausência. A vocês minha eterna gratidão e tenham certeza de que essa tese também é de vocês! Acho que amor é a palavra que mais se aproxima, mas tenho certeza de que ainda é pouco para definir o que sinto por vocês três!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Exu que abriu os caminhos para que essa tese acontecesse, a minha mãe Yemanjá, orixá dona da minha cabeça e aos meus pais Ogum e Oxóssi por toda a proteção ao longo desses 4 anos de trabalho.

Aos meus pais, Nilton e Sueli, primeiros mestres desse jogo chamado vida. Com vocês aprendi a ter fé, a ser resiliente, determinada e a ter empatia. Gratidão por partilharem esse tempo de existência ao meu lado e por escolhermos juntos dividir a vida ao longo dessa encarnação. Amo vocês mais do que ousam imaginar.

Ao meu marido, Felipe, B, preto, por ser incansável no acolhimento, na motivação, no amor, na entrega e principalmente em entender meus momentos de ausência. Por ser meu revisor particular, consultor, psicólogo e cozinheiro. Essa tese também é sua. Obrigada por trilhar essa vida ao meu lado. Te amo!

À minha pitica, pois sei que você está em algum lugar esperando a mamãe. Esse trabalho também é por você meu amor. Obrigada por mesmo sem saber, ser uma das minhas maiores motivações. Mamãe te ama muito!!!

À minha orientadora, amiga e parceira do caos, Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira, por percorrer esse caminho acadêmico ao meu lado, acreditando em mim, mesmo nos momentos em que eu não acreditava, por sua amizade e carinho ao longo desses últimos anos e por tudo o que você representa para mim e para o nosso grupo de pesquisa.

Aos docentes que compõem a banca examinadora, em especial à Dra. Jéssica Norberto pela exímia revisão do texto. À Dra. Paula e ao Dr. Tarcísio pelas grandes contribuições na qualificação.

À coordenação e a secretaria do programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde (PGEBS) pela oportunidade de participar do programa, e a todos os seus funcionários pela boa vontade e disponibilidade, em especial ao Isac, pelo carinho e atenção durante esses anos.

À minha amiga, comadre e irmã de alma, Dra. Amanda Perse, por ter sido além de amiga, uma coorientadora em muitos momentos. Obrigada pela escuta ativa, pelos conselhos acadêmicos, pelas tardes de estudo comigo, pelos colos e abraços, sem você teria sido muito mais difícil. Te amo!

Ao amigo e parceiro de trabalho, Dr. Guilherme Matos, por ter me apresentado a esse mundo da Bioinformática no ensino e acima de tudo ter acreditado em mim para dar seguimento às suas ideias acadêmicas.

Ao Luiz Miguel, meu bolsista, que contribuiu para pensar e dar forma ao OLATCG, sem você Luiz, teria sido muito mais difícil. Fica aqui minha gratidão.

Ao grupo de Extensão interinstitucional Ciência sua Danada, pela ajuda na validação desse trabalho, pelas ideias e por nos motivarem com práticas diferenciadas.

À Fundação Osório por ceder seu espaço para essa pesquisa e às professoras Amanda Couto e Lourdes Alonso pela cessão das turmas para participarem desse trabalho.

Aos amigos do grupo de pesquisa ECC, pela parceria, pelas resenhas, pelos pensamentos divididos, pela escuta ativa nas prévias e debates e principalmente pelas provocações que me trouxeram inquietações necessárias para o desenvolvimento dessa pesquisa.

À minha família extensa (Tinho, Cris, Yasmin, Carol, Guel, Felipe, Viviane, Mariah, tia Maria, Vivia e tia Nilcea) por terem entendido minhas ausências, minhas visitas rápidas e serem uma torcida organizada na minha vida. Que nossos caminhos estejam sempre unidos e a vida nos conserve o encanto desse encontro. Amo vocês!

À minha Nega da vida, por escolhermos trilhar juntas esse caminho acadêmico. Por ser minha companhia diária, minha agenda viva, meu colo nos momentos de surto e uma das minhas maiores incentivadoras. Dividir esses anos com você, tornou tudo melhor. Amo tu, mocinha!

Aos meus afilhados (Min, Theus, JP, Luquita, Bento, Pedroca e Manuzinha) por me garantirem pontos de paz e amor em meio aos estudos. Obrigada por existirem na minha vida.

Às amigas Amanda, Érica e Jeanine pela parceria no trabalho (CFB/BIO), pelos ouvidos diariamente e principalmente por terem me proporcionado uma licença para a finalização dessa tese. Vocês tornam meus dias muito mais leves. Obrigada por terem me recebido tão bem. Amo vocês!

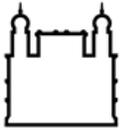
Às demais amigas de alma, Tamara, Debora, Clarinha, Carmen, Laiana e Simone (*in memoriam*), a vida fica mais fácil quando compartilhada. Obrigada por existirem na minha vida e me ensinarem (cada uma ao seu jeito) a ser uma pessoa melhor. Gratidão pelos colos, pelo acolhimento, pelos sorrisos, pelos abraços e por serem meu chão quando esse me faltou. Esses últimos anos foram muito melhores com vocês ao meu lado! Amo muito vocês!

Ao meu pai de santo, José Luiz Diniz por ser uma grande inspiração, além de um ponto de força e fé na minha vida. Por me adotar em seu coração como filha e ser o abraço certo de todas as horas. Te amo.

Agradeço, por fim, a todas as dificuldades que encontrei ao desenvolver esse trabalho, foram elas que me tornaram uma pesquisadora melhor.

“Você tem que agir como se fosse possível transformar radicalmente o mundo. E você tem que fazer isso o tempo todo”.

(Angela Davis)



Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

EM BUSCA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE BIOINFORMÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

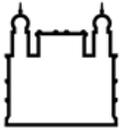
RESUMO

TESE DE DOUTORADO EM ENSINO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE

Anna Carolina de Oliveira Mendes

O termo Letramento Científico vem sendo amplamente debatido nas áreas de educação, ensino de Ciências e como constituinte das políticas públicas. Isso advém da percepção de que a Ciência não é neutra e seu desenvolvimento está diretamente relacionado ao desenvolvimento da sociedade. Possibilitar o Letramento Científico, nesse sentido, torna-se uma meta real dos docentes, ao intentar contribuir para uma formação discente que utilize o conhecimento científico adquirido na solução de problemas do dia a dia e na tomada de decisões com responsabilidade social. O ensino de Genética é visto como uma área central da Biologia, posto que seu conteúdo transpassa diversas áreas. Por isso, o tema deve contribuir para a formação de um pensamento crítico. Face a esse cenário, o objetivo da presente tese foi avaliar o uso de uma estratégia didática alicerçada em ferramentas de Bioinformática no ensino de Genética como contribuição para o Letramento Científico nesta área. Para tal, desenvolvemos uma plataforma com ferramentas de Bioinformática para fins didáticos, OLATCG, cujo objetivo foi de democratizar para alunos do ensino médio o uso das ferramentas computacionais. A pesquisa é de caráter descritivo com abordagem qualitativa, na qual levantamos as concepções prévias de alunos do primeiro e terceiro anos do ensino médio de uma escola pública sobre Genética e recursos tecnológicos, por meio de questionário cujas respostas foram analisadas por tematização. Elaboramos uma estratégia didática com procedimentos experimentais *in silico* e por último realizamos a sua validação, com os dados desse momento analisamos o impacto da utilização de ferramentas de Bioinformática para a formação de um indivíduo letrado cientificamente. Os resultados revelaram lacunas nas concepções dos estudantes sobre os temas que envolvem a Genética, principalmente no que tange à relação existente entre o DNA, a proteína e a divisão celular a partir do diagnóstico inicial realizado. A validação da estratégia didática nos mostrou que a utilização da plataforma com ferramentas de Bioinformática pode contribuir para o aprendizado de alguns temas de Genética molecular e de filogenia, do mesmo modo que pode oportunizar aos alunos o contato mais estreito com a pesquisa científica, mediante a utilização de temas recorrentes na mídia. A análise dos níveis de Letramento se mostrou promissora e demonstrou que dois dos grupos apresentaram níveis de Letramento Científico que sugerem habilidades mais complexas, nos sinalizando enquanto positiva a estratégia didática. No entanto, faz-se mister que essas análises sejam feitas com grupos maiores, em turmas regulares de ensino, para que após a realização da estratégia didática a turma continue sendo acompanhada pelo docente e o mesmo avalie esse nível de Letramento Científico de maneira prospectiva.

Palavras-chave: Letramento Científico, Ensino de Biologia, Ensino de Genética, Bioinformática.



Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

PURSUING SCIENTIFIC LITERACY: ANALYSIS OF BIOINFORMATICS' TOOLS TO GENETICS TEACHING IN HIGH SCHOOL.

ABSTRACT

DOCTORAL THESIS IN EDUCATION IN BIOSCIENCES AND HEALTH

Anna Carolina de Oliveira Mendes

The term Scientific Literacy has been widely discussed within different areas, such as education, Science teaching and as a foundation for public policies. It arises from the perception that Science is not neutral, and its development is directly related to the society's own development. In doing so, allowing the Scientific Literacy becomes a real goal for teachers when aiming to contribute to a student formation which uses the scientific knowledge learnt in daily problem-solving situations as well as taking socially responsible decisions. Genetics teaching is seen as a key area in Biology since its contents permeate other ones. Thereby, this theme must contribute to the formation of a critical thinking. Given this scenario, this thesis aims at assessing the use of a teaching strategy based on bioinformatics' tools on Genetics teaching to the promotion of Scientific Literacy. With that in mind, it was designed an online educational platform with bioinformatics tools named OLATCG, which aimed at making the access to computational tools more democratic. We are conducting a descriptive study with a qualitative approach, in which previous students' conceptions on Genetics and technological resources were obtained with the use of an online questionnaire applied to first- and third-year high school students from a Brazilian Public School. The answers were analysed by using thematization. We have come up with a teaching strategy containing *in silico* experimental procedures validated afterwards. In possession of such data, we have analysed the impact of using bioinformatics' tools in the development of a scientific lettered individual. The results have revealed gaps on students' conceptions on topics regarding Genetics, mainly on the ongoing relation between DNA, protein and cellular division. The teaching strategy validation has shown that the use of a platform with bioinformatics' tools might contribute to the learning of certain topics in molecular genetics and phylogeny. Likewise, it might allow students to have a closer contact with scientific research through the use of recurrent mainstream topics. The analysis of Scientific Literacy levels has proven not only to be promising but it has also evidenced that two out of the three studied groups have presented levels of Scientific Literacy to suggest a more complex use of abilities. It highlights the positive aspect of the teaching strategy. Notwithstanding, such analyzes must be conducted with larger groups in regular high school classes so that, after the teaching strategy is carried, the group may be followed by the teacher, regularly reassessing the Scientific Literacy levels.

Keywords: Scientific Literacy, Biology Teaching, Genetics Teaching, Bioinformatics.

LISTA DE ABREVIATURAS

AC - Alfabetização Científica

ANEB - Avaliação Nacional da Educação
Básica

ANRESC - Avaliação Nacional do
Rendimento Escolar

API - *Application Programming Interface*

AVA - Ambiente Virtual de Aprendizagem

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

BSCS - *Biological Science Curriculum
Study*

BSD - *Berkeley Software Distribution*

CEFET/RJ - Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

CESCEM - Centro de Seleção de
Candidatos às Escolas Médicas e
Biológicas

CNT - Ciências da Natureza e suas
Tecnologias

CSCL - *Computer-Supported Collaborative
Learning*

CT - Ciência e Tecnologia

CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

DCN - Diretrizes Curriculares Nacionais

DCNEM - Diretrizes Curriculares Nacionais
de Ensino Médio

DNA – Ácido Desoxirribonucléico

EC – Ensino de Ciências

EF – Ensino Fundamental

EI - Ensino por Investigação

EM - Ensino Médio

EnCI - Ensino de Ciências por Investigação

FO – Fundação Osório

HTTP - Protocolo de Transferência de
Hipertexto

IBECC - Instituto Brasileiro de Educação,
Ciência e Cultura

ID – Número Identificador

IDEB – Índice de Desenvolvimento da
Educação Básica

INEP - Instituto Nacional de Estudos e
Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

KEGG - *Kyoto Encyclopedia of Genes and
Genomes*

LC - Letramento Científico

LDBEN - Lei de Diretrizes e Bases da
Educação Nacional

MEC - Ministério da Educação e Cultura

NCBI - National Center for Biotechnology

NdC&T/CTS - Natureza da Ciência e
Tecnologia e Ciência, Tecnologia e
Sociedade

NIH - National Institutes of Health

OCNEM - Orientações Curriculares
Nacionais para o Ensino Médio

OLATCG – Plataforma online com
ferramentas de Bioinformática

PBID - Programa Brasileiro de Inclusão
Digital

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM - Parâmetros Curriculares
Nacionais de Ensino Médio

PGH - Projeto Genoma Humano

OECD - Organização para Cooperação e
Desenvolvimento Econômico

PISA - Programa Internacional de Avaliação
de Estudantes

PNLD - Programa Nacional do Livro
Didático

PSSC - *Physical Science Study Committee*

RNA – Ácido Ribonucleico

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação
Básica

SD - Sequência Didática

TCLE - Termo de Consentimento Livre
Esclarecido

TDIC - Tecnologias Digitais de Informação
e Comunicação

TICs - Tecnologias de Informação e
Comunicação

UniProt - *Universal Protein Resource*

USP - Universidade de São Paulo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projetos de Sequenciamento de genomas realizados por domínio até maio de 2022.....	84
Figura 2 – Visão conceitual de Alfabetização Científica (AC).....	95
Figura 3 – Localização Geográfica da Fundação Osório.....	108
Figura 4 – Tela de apresentação do OLATCG.	115
Figura 5 – Opções de trabalho dentro do OLATCG.	116
Figura 6 – Tela da Fila de Processamento dentro do OLATCG.....	117
Figura 7 – Visualização da tela de resultados de alinhamento do OLATCG.	118
Figura 8 – Visualização da tela de resultados da busca homóloga do OLATCG.	118
Figura 9 – Visualização da tela de resultados de árvore filogenética do OLATCG.	119
Figura 10 – Caracterização dos Níveis de LC em cada indicador.....	124
Figura 11 – Dogma Central da Biologia.....	164
Figura 12 – Momentos do desenvolvimento da estratégia didática pelo Google® Meet®	171

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Modalidades de ação referente ao processo investigativo.....	71
Quadro 2 – Competências e Habilidades referentes à temática de Genética na BNCC.	76
Quadro 3 – Estruturação da Estratégia Didática.	120
Quadro 4 – Critérios aplicados para a classificação dos indicadores de LC.....	123
Quadro 5 - Resumo do delineamento metodológico.	126
Quadro 6 – Categorias elaboradas do Tema “Concepções discentes sobre Genética” com as respostas dos alunos do 1º ano a partir da Tematização de Fontoura (2011).	141
Quadro 7 – Categorias elaboradas do Tema “Concepções discentes sobre Genética” com as respostas dos alunos do 3º ano a partir da Tematização de Fontoura (2011).....	142
Quadro 8 – Categorização das respostas Sim de alunos do 1º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.....	149
Quadro 9 – Categorização das respostas Sim de alunos do 3º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.....	150
Quadro 10 – Categorização das respostas Não de alunos do 1º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.....	154
Quadro 11 – Categorização das respostas Não de alunos do 3º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.....	154
Quadro 12 – Categorização das respostas sobre a concepção dos alunos de 1º ano sobre o conceito de DNA.	157
Quadro 13 – Categorização das respostas sobre a concepção dos alunos de 3º ano sobre o conceito de DNA.	158
Quadro 14 – Categorização das respostas dos alunos de 1º ano sobre a relação entre DNA e proteínas.	162
Quadro 15 – Categorização das respostas dos alunos de 3º ano sobre a relação entre DNA e proteínas.	163

Quadro 16 – Análise das respostas sobre o conhecimento dos alunos de 1º ano sobre o tema Mitose e Meiose.....	166
Quadro 17 – Análise das respostas sobre o conhecimento dos alunos de 3º ano sobre o tema Mitose e Meiose.....	167

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ementa do curso de Biologia da Fundação Osório.....	108
Tabela 2 – Divisão dos grupos e das questões problema.....	121
Tabela 3 – Misconceptions sobre mitose e meiose observadas nas respostas.	168
Tabela 4 – Níveis de Letramento Científico (NLC) para cada grupo (I, II e III) e moda para cada indicador baseado nos indicadores criados por Lima e Weber (2019).....	171

SUMÁRIO

RESUMO	X
ABSTRACT	XI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
LISTA DE QUADROS.....	XV
LISTA DE TABELAS.....	XVII
APRESENTAÇÃO	20
INTRODUÇÃO	25
PERGUNTA DA PESQUISA.....	28
OBJETIVO GERAL	29
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
JUSTIFICATIVA	30
CAPÍTULO I ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	34
1.1. Marcos históricos e legais do Ensino de Ciências no Brasil	35
1.2. Ensino de Biologia e Parâmetros Legais	50
1.3. Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).....	56
CAPÍTULO II ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO	63
2.1. Fundamentos teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por investigação (EnCI).....	64
2.2. Aspectos do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI).....	68
CAPÍTULO III ENSINO DE GENÉTICA E BIONFORMÁTICA	73
3.1. Ensino de Genética.....	74
3.2. Aspectos históricos da Bioinformática.....	80
3.3. Práxis na área de Ensino de Biologia	86
3.4. OLATCG, suas ferramentas e a sala de aula de Biologia	90
CAPÍTULO IV LETRAMENTO CIENTÍFICO.....	93
4.1. Alfabetização Científica, Enculturação Científica e Letramento Científico	94
4.2. Letramento Científico: controverso ou não?	100

CAPÍTULO V PERCURSO METODOLÓGICO.....	106
5.1. Caracterização da pesquisa.....	107
5.2. Contexto da Pesquisa.....	107
5.3. Participantes da Pesquisa.....	109
5.4. Instrumentos de coleta de dados.....	110
5.4.1. Questionário	110
5.5. Análise dos dados.....	110
5.6. Plataforma OLATCG	111
5.6.1. Motivação para o desenvolvimento.....	112
5.6.2. Requisitos Técnicos.....	113
5.6.3. Navegando no OLATCG.....	114
5.7. Desenvolvimento e Validação da Estratégia Didática	119
5.7.1. Validação da Estratégia Didática	121
5.8. Análise dos resultados da utilização da bioinformática para a formação de um indivíduo letrado cientificamente	122
5.9. Considerações éticas e síntese do delineamento da pesquisa.....	125
CAPÍTULO VI RESULTADOS E DISCUSSÃO	127
6.1. Análise do Questionário: concepções dos alunos sobre Genética e Recursos Tecnológicos	128
6.2. Etapa de Validação: análise dos resultados da utilização da bioinformática para a formação de um indivíduo letrado cientificamente	170
6.3. Contribuições para o Ensino de Ciências	179
6.4. Limitações da Pesquisa e Sugestões para futuros trabalhos.....	180
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	182
REFERÊNCIAS.....	186
DESDOBRAMENTOS DO ESTUDO	220
APÊNDICES	251
ANEXOS	271

APRESENTAÇÃO

Ao lembrar minha trajetória de pesquisa, confesso que em muitos momentos me vi emocionada, pois ela está interligada à história da minha família e me acompanha desde a infância.

Sou filha de um Biólogo com uma Técnica de Laboratório de Análises Clínicas. Não raro, passei diversas vezes as 12 horas de um plantão com eles no laboratório, apesar de ficar na maior parte do tempo nos quartos de descanso dos plantonistas. Ainda assim, isso me despertou a curiosidade de entender o que era um microscópio e o que se via nele, fazendo com que Ciências fosse minha disciplina favorita. Ao final do ensino fundamental II me vi diante da primeira escolha profissional: fazer um curso técnico ou não. A única certeza que eu tinha à época era que, se fosse um curso técnico, seria de Análises Clínicas, pois era algo que me encantava. E quis o destino que assim o fosse.

Fiz o curso técnico e, após minha formatura do ensino médio, tentei vestibular para Medicina, pois acreditava que era minha carreira sonhada. Porém não fui aprovada e, enquanto fazia mais um ano de curso pré-vestibular, comecei a atuar na minha área de formação (que acabou resultando em apenas 6 meses de curso). Fato é que eu atuava em laboratórios particulares, além de um hospital de grande porte da rede pública do Estado do Rio de Janeiro. Nesse momento compreendi definitivamente que a Medicina não era o meu sonho. Sendo assim, ingressei na faculdade consciente de que eu seria Bióloga e minha área de especialização seria Análises Clínicas. Fiz Bacharel em Ciências Biológicas na Universidade do Grande Rio – Unigranrio – e, após 4 anos de curso, cursei mais um de licenciatura, muito por incentivo do meu pai que era também professor de Biologia há muitos anos.

Concluí meus estágios obrigatórios para a Licenciatura, porém confesso que não era minha intenção lecionar após me deparar com a forma tradicional como as aulas eram conduzidas. Eu não me sentia ainda motivada a atuar na licenciatura. A realidade da academia era distante ainda, visto que eu precisava trabalhar para me manter na graduação e, após minha formatura, pedi reingresso para o curso de Farmácia, pois acreditava que tal formação me proporcionaria mais oportunidades dentro do ambiente de análises clínicas. Fato é que, no 4º período de Farmácia, eu já possuía uma certa reserva financeira que me permitiu seguir meus sonhos acadêmicos.

Participei da seleção para o Programa de Iniciação Científica de um laboratório de Virologia, o Laboratório de Hepatites Virais, do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), com bolsa do CNPq

no ano de 2006. Pedi demissão dos meus vínculos e fui vivenciar essa experiência. Com pouco menos de um ano de bolsa e dado o incentivo de minha orientadora à época – que sabia da minha formação em Biologia – tentei prova para o Mestrado em Biologia Parasitária, onde fui aprovada e ingressei no curso em 2007. Tranquei a faculdade de Farmácia e desenvolvi minha pesquisa em Virologia Ambiental, trabalhando na detecção de Vírus da hepatite A na Lagoa Rodrigo de Freitas, na cidade do Rio de Janeiro.

Ao longo do mestrado me foi dada a oportunidade de ministrar aulas com meu grupo de pesquisa, tanto em cursos de graduação como na pós-graduação. Nesse momento comecei a “despertar” para o lado da docência e compreendi que poderia ser diferente. E foi a partir dessa fagulha que, em 2008, após concurso de professor para a rede estadual do Rio de Janeiro, que comecei a atuar como professora, tanto de ensino fundamental II quanto de ensino médio. Os questionamentos surgiam tão naturalmente quanto o ciclo dos dias e noites: Como seriam as aulas? Meus alunos gostariam de mim? Será que eu conseguiria atender às suas necessidades?

A única certeza que eu tinha em meu coração era que eu queria ser uma professora como eu gostaria de ter tido aula: dinâmica, atualizada e que fosse capaz de levar o protagonismo para os alunos, não só para mim.

Confesso que me vi sem um norte em muitos momentos, uma vez que nossa formação acadêmica não concorre para isso. Nela, o professor é visto como parte central e única do processo de ensino e aprendizagem. Pedi ajuda ao meu pai, a colegas e fui tentando, de forma intuitiva, fazer algo diferente, ainda que distante de todas as propostas que conhecemos hoje como metodologias ativas, mas que me ajudavam a não desistir.

Após a defesa do mestrado, segui atuando como bolsista de pesquisa da Fiocruz e continuava recebendo em meu e-mail institucional informações de cursos e vagas que surgiam nos Programas de Pós-Graduação. Em 2011 tomei conhecimento do curso de Especialização em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz e pensei que seria uma excelente oportunidade para vivenciar a área de pesquisa em ensino, pois até aquele momento eu não havia ingressado no doutorado na área de Virologia: eu já tinha me apaixonado pela docência e pelas salas de aula e sabia que ali estaria meu futuro.

Finalizado o curso de Aperfeiçoamento de 180h, me vi então em busca de diferentes metodologias e criando aulas diferentes. Foi dessa forma que atuei no modelo de Educação integral

da rede estadual do Rio de Janeiro, chamado de “Ensino Médio Inovador”, onde os alunos tinham aulas o dia todo, além de disciplinas como Iniciação Científica, Projeto de Vida e Cultura e Mídia, que proporcionavam uma formação integral e questionadora aos jovens.

Nesse projeto fiz parte de diversas sessões de formação continuada ofertadas pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ) e ministradas, em sua maioria, pela Fundação Ayrton Senna – então parceira do governo no projeto. Criei, junto com colegas da escola em que era lotada, modelos de projetos bem-sucedidos na rede, como o estabelecimento de um projeto de monitoria entre pares e de monitoria itinerante, que percorria outras escolas da rede estadual com atividades desenvolvidas pelos nossos alunos e ofertadas aos demais.

Em dado momento, eis que um desses monitores me questionou o porquê de eu ainda não ter feito doutorado, afirmando que eu teria muito a acrescentar na formação de outros professores. E respondi, rindo, que não queria dar aula na universidade, pois minha paixão era a Educação Básica. Mas, naquele momento, uma pergunta nasceu e se instalou em minha mente: “e se?”, eu me indagava.

Tenho muito orgulho de dizer que foi por meio de um aluno que me vi pensando em fazer o doutorado. Nesse instante comecei a buscar editais e constatei que, mesmo com práticas diferenciadas, eu não publicava as mesmas. Assim, assumi o compromisso de passar um ano atualizando meu currículo, com cursos e publicações de minhas práticas docentes. Fui pela primeira vez a um congresso de Ensino, o Enebio, em 2016, levando para apresentar um projeto da escola pública. E, em 2017, ao ver o edital de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde (PPGEBS/FIOCRUZ), decidi que estava na hora de fazer parte do processo seletivo para o doutorado.

Conheci então a professora Maria de Fátima Alves de Oliveira, minha orientadora, que me incentivou, debateu o projeto comigo e daí fiz a seleção.

Passei na seleção com um projeto sobre Interdisciplinaridade no Ensino de Biologia como forma de promover o letramento científico, que era algo que eu via – e ainda vejo – que proporcionava melhores resultados nas aulas, ainda que eu não encontrasse na literatura, em específico na área de Biologia, trabalhos que fundamentassem as práticas realizadas.

Sendo assim, iniciei o projeto com pesquisas teóricas e obtive o aceite de dois colégios públicos da rede estadual de Nova Iguaçu para serem meus contextos de estudo. Ao longo de 2017,

cursei muitas disciplinas, mas como ainda não tinha a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos (CEP) da instituição, não pude iniciar as atividades práticas da pesquisa.

Em dezembro do referido ano fui aprovada em um concurso para professora de Biologia do Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, em um campus localizado na cidade de Caçador, no meio oeste catarinense. Entrei em exercício no referido campus em fevereiro de 2018 e, após um mês me estabelecendo, fui à busca de autorização para realização da pesquisa em Caçador. No entanto, os professores de lá não recebiam bem as propostas. Ademais, na estrutura organizacional do campus, eu era a única professora de Biologia, o que inviabilizava a realização da pesquisa.

Decidi, pois, pelo trancamento da minha matrícula em abril, para que eu conseguisse fazer uma adaptação no projeto. No Início de 2019, com um novo projeto adaptado à realidade de Caçador, também vinculado à Interdisciplinaridade no ensino de Biologia, iniciaria a submissão ao CEP. Nesse interim, contudo, fiquei sabendo da possibilidade de vir transferida para o Rio de Janeiro para uma vaga em um Colégio Militar localizado na cidade do Rio de Janeiro, a Fundação Osório.

Resolvi esperar para realizar a submissão ao CEP. Porém, uma vez que o doutorado possui prazo máximo de um ano de trancamento, solicitei o destrancamento da matrícula e cursei mais algumas disciplinas que eram obrigatórias da minha grade ao longo do ano de 2019. Entrei em exercício no colégio do Rio em junho de 2019 e teria o desafio de novamente adaptar meu projeto à realidade local.

Após as férias de julho, fui convidada a ingressar em um grupo de pesquisa com foco em Divulgação Científica, que atende pelo nome de “Ciência sua danada”, no campus Maracanã do CEFET-RJ, coordenado por dois professores e tendo como integrantes 15 alunos, todos do mesmo campus. Um dos braços do grupo era o desenvolvimento de estratégias didáticas para a inserção da Bioinformática no Ensino de Biologia.

Como os coordenadores do projeto eram ambos da área “dura” da Biologia, me pediram então para avaliar a estratégia por eles utilizada ao longo de um projeto de pós-doutorado de um deles na Alemanha. O projeto tinha como objeto de estudo os próprios alunos do grupo de pesquisa.

Após a análise do material, me encantei pela oportunidade de introduzir a Bioinformática no ensino médio, assunto que eu vira apenas em uma aula na graduação.

Foi a partir desse evento o desejo de mudar meu projeto de doutorado novamente e poder estudar e desenvolver uma estratégia didática de Bioinformática que contribuísse para o letramento científico dos alunos da Fundação Osório (contexto dessa pesquisa).

O letramento científico é um assunto que me desperta interesse e defendo que um aluno letrado é aquele que além de interpretar os códigos científicos, consegue com eles tomar decisões no âmbito da sociedade.

Diante do exposto, vinculei o desenvolvimento de uma estratégia didática em Bioinformática com a utilização de modelos às sequências genéticas do vírus causador da Covid-19 (buscando despertar um maior interesse dos alunos) a fim de contribuir com o ensino de Genética, área da Biologia apontada por muitos alunos como de grande dificuldade de compreensão, com a possibilidade de proporcionar o letramento científico a esses alunos.

A espinha dorsal da presente tese fora desenhada para ser compreendida ao longo da leitura de seis capítulos, iniciando-se com o histórico do ensino de Ciências, que, por sua vez, faz parada obrigatória nos respectivos referenciais teóricos da pesquisa – CTS e Ensino por Investigação – e segue seu caminho versando sobre aspectos do Ensino de Genética e Bioinformática e por último Letramento Científico. Tendo sido assim embasada, seguimos para o percurso metodológico, resultados, discussão e considerações finais.

INTRODUÇÃO

Vislumbrar o contexto educacional sem relacioná-lo com processos históricos, políticos e culturais que permeiam a sociedade à época é manter a discussão sob um viés mais superficial, uma vez que tal cenário é modificado e muitas vezes reformulado, seguindo como base os interesses vigentes, além das demandas da coletividade (SANTOS; BESSA, 2021). Dentro dessa perspectiva, sabe-se que novas reivindicações da sociedade contemporânea influenciam diretamente na condução do ensino nas escolas, ante à necessidade de formação de cidadãos críticos – objetivo principal do ensino – que visa proporcionar a esses indivíduos subsídios para tomarem decisões dentro da realidade à qual estão inseridos.

As mudanças na condução das escolas, bem como o estabelecimento de políticas públicas educacionais, são conduzidas de acordo com os interesses políticos vigentes. Nos últimos 20 anos, foi possível observar uma série de transformações dentro da realidade educacional como tentativa de reverter algumas questões tais como: as altas taxas de analfabetismo, reflexo de políticas públicas educacionais precárias (SANTOS; BESSA, 2021). Scarpa e Campos (2018) apontam em seu texto que, se essas mudanças pudessem ser sintetizadas em um único aspecto, a essência seria a relação ensino-aprendizagem, com destaque para relação professor-aluno.

O docente era visto como parte principal do processo, detentor do saber e cujo conhecimento era transmitido de forma unidirecional para o aluno que ali o recebia, de forma passiva. Atualmente, supõe-se que os alunos não estão mais nesse local, mas sim ocupam – ou deveriam ocupar – uma posição de destaque como agente ativo na construção do seu conhecimento (SCARPA; CAMPOS, 2018), usando como base os conhecimentos que já foram adquiridos dentro de seus contextos (escolar, familiar e social).

Entretantes, dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) indicam que o Ensino Médio (EM) no Brasil ainda apresenta resultados insatisfatórios no que concerne à alta taxa de evasão escolar e, sobretudo, aos resultados obtidos nas avaliações externas, como os dados apresentados pelo último Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) (2019). Este indicador é calculado com base nas informações sobre aprovação escolar, obtidas no censo escolar, em conjunto com as médias de

desempenho obtidas no Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB). Em 2019, nenhum estado alcançou a meta projetada (INEP, 2020).

Diante desse contexto, é possível depreender, ante aos resultados do IDEB, dentre as razões que podem justificar o baixo desempenho dos estudantes, destaca-se o ambiente escolar pouco atrativo quando comparado à alta carga de informação que esse aluno tem acesso fora da escola (BACICH; MORÁN, 2018). Do mesmo modo que a não vinculação do conteúdo ensinado às práticas cotidianas – imediatas ou não – e a não contextualização dos temas abordados os tornam distantes, não despertando o interesse e nem promovendo a motivação desses estudantes.

No tocante ao Ensino de Biologia, sabe-se o quão desafiador é lecionar a disciplina, dada a demanda a qual o professor precisa lidar, com terminologias diferentes e linguagens específicas, que muitas vezes são distintas das usadas comumente pela população em forma geral. Outrossim, o currículo denso de Biologia traz uma gama de conceitos, processos e mecanismos dos inúmeros tipos de seres vivos que, *a priori*, apresentam-se distantes da relação cotidiana dos alunos. Somam-se a isso os desafios docentes à necessidade de oportunizar aos alunos uma ressignificação dos conhecimentos prévios deles – não desconsiderando os mesmos – com o conteúdo científico apresentado (DURÉ; ANDRADE; ABÍLIO, 2018).

Assim sendo, a contextualização dos conteúdos é um caminho que pode ser utilizado pelo docente quando ele trata de temas da Biologia e, dentre eles, o ensino de Genética. Ante à crescente gama de informações e recentes produções científicas na área, bem como em Biologia molecular e Biotecnologia, a população em geral tem se deparado com terminologias cada vez mais específicas por meio das mídias de comunicação de massa (SILVA; FREITAS, 2006; VALÉRIO; BAZZO, 2006, LEAL; MEIRELLES; ROÇAS, 2019) e das redes sociais. Para o entendimento desse conjunto de informações, é importante que a população tenha acesso a um conhecimento básico de Genética, partindo da estrutura do DNA, passando por mecanismos de transmissão de caracteres hereditários (BELMIRO; BARROS, 2017) e formas de produção de vacinas e medicamentos. Diante desse contexto, a escola pode atuar como ponte, fornecendo informações que possibilitem tal aprendizado e a consequente utilização na sociedade (AULER; DELIZOICOV, 2001).

A vinculação dos conteúdos aprendidos nas aulas de Biologia, dentre eles a Genética, com o dia a dia dos estudantes, contribui para a significação dos conceitos. Como retrata Krasilchik (2004), quanto maior o número de exemplos esses alunos conseguirem acessar, maior será a chance

de eles conseguirem construir associações e analogias, contextualizando o aprendizado do conteúdo às suas experiências pessoais. Nessa vertente foi desenhada a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017) na área de Ciências da Natureza. A implementação da BNCC impele a adoção de novas metodologias com o objetivo de garantir que o aluno atinja as competências e habilidades apresentadas em cada conteúdo trabalhado.

O texto da BNCC no Ensino Fundamental fomenta um ensino de Ciências que contribua para o Letramento Científico (LC) da população, visto que a sociedade atual é diretamente influenciada – da mesma maneira que influencia – os avanços tecnológicos. Dessa forma, faz-se mister que a população não somente compreenda os conceitos científicos, mas sinta-se apta a inferir e participar das decisões da coletividade (BRASIL, 2017, p.321).

Destarte, no texto da BNCC de Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza propõe o aprofundamento da etapa anterior e incentiva a utilização de práticas investigativas para engajar os discentes no aprendizado dos processos e práticas científicas, colocando-os, dessa forma, diante de problemas e fomentando nos mesmos a busca não só por respostas bem como por proposições de soluções. Todo esse conhecimento ancorado servirá de base para que os alunos consigam enfrentar os desafios pessoais e coletivos tanto a nível local quanto global (BRASIL, 2018, p. 474).

Sob esse ponto de vista trazido pela BNCC, de um Ensino de Ciências por investigação que motive os alunos e desperte neles o interesse pelo aprendizado científico, Dewey (1959, p.104) já pontuava que:

provavelmente, a causa mais frequente pela qual a escola não consegue garantir que os alunos pensem verdadeiramente é que não se provê uma situação experimentada, de tal natureza que obrigue a pensar, exatamente como o fazem as situações extraescolares.

Ele apoiava a vivência pelos alunos da resolução de problemas que os oportunizassem mobilizar os conceitos abrangidos nas mais diversas áreas de conhecimento.

No contexto de uma sociedade contemporânea, sabe-se que as inovações tecnológicas e a internet promoveram novas formas de difusão de conhecimento (ANDRADE CARNEIRO; GARCIA; BARBOSA, 2020). Isto posto, estimulou-se a utilização cada vez maior de recursos de informática nas aulas, inclusive naquelas que utilizam o ensino por investigação. Tal demanda ficou evidente no ano de 2020 com a pandemia de COVID-19, em que as aulas foram suspensas e escolas e universidades adotaram o ensino remoto para a continuidade do ano letivo.

Face a um cenário de aproximação do estudante às diversas tecnologias usadas na sociedade, a Bioinformática começou a ser utilizada como recurso educacional, dada suas possibilidades de análise de dados biológicos, principalmente em relação às sequências de DNA. Por esse motivo, ela se destaca como um dos campos mais importantes para avanços científicos, uma vez que, nos últimos anos, a quantidade de dados gerados nas pesquisas aumentou substancialmente (ATWOOD *et al.*, 2019). Cabe enfatizar que, como ferramenta didática, a Bioinformática pode proporcionar aos docentes uma nova forma de trabalhar o ensino de Genética e oportunizar aos alunos uma melhor visualização de temas abstratos abordados nessa disciplina.

PERGUNTA DA PESQUISA

Qual a influência para a promoção do letramento científico no ensino de Genética da utilização de uma estratégia didática com ferramentas de Bioinformática?

OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de uma estratégia didática alicerçada em ferramentas de Bioinformática no ensino de Genética como contribuição para o letramento científico nesta área.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar as concepções dos alunos em relação aos conceitos de Genética e aos recursos tecnológicos.
2. Elaborar uma estratégia didática com procedimentos experimentais *in silico* como aporte para o ensino de Genética.
3. Validar a estratégia didática com alunos do ensino médio.

JUSTIFICATIVA

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, direito público e subjetivo de todo cidadão brasileiro (BNCC, 2018). Ele se constitui de um momento de consolidação dos saberes e habilidades básicas desenvolvidas pelo estudante até então, de tal modo que também é visto como etapa de preparação para o ingresso tanto no mercado de trabalho como no ensino superior. Igualmente, o Ensino Médio é como mais uma fase que oportunizará a esses jovens conhecimentos para que eles possam atuar como cidadãos na sociedade (TARTUCE *et al.*, 2018).

Todavia, a entrada no Ensino Médio no Brasil tem se apresentado como um gargalo no que tange à garantia pelo direito à educação. Faz-se mister que a forma como tal acesso é conduzido seja readequada para que seja dada resposta satisfatória às demandas e aspirações dos jovens, contribuindo assim para a redução dos índices de evasão escolar (BNCC, 2018) e auxiliando para a melhora da qualidade da educação oferecida. O problema do Ensino Médio, historicamente constatado, é um dos principais desafios para as políticas educacionais, sendo extremamente complexa a constituição de políticas que supram suas reais demandas (AZEVEDO; REIS, 2014).

Diante dessa perspectiva, o texto da BNCC (2018) levantou outro ponto como um dos responsáveis pelo cenário observado no Ensino Médio, que é a organização curricular vigente, com excesso de componentes curriculares. Além disso, há uma falta de aproximação entre as metodologias pedagógicas utilizadas e a cultura juvenil. Sendo assim, o texto traz como desafio estreitar essa distância dos jovens com a escola, bem como garantir a permanência e o êxito deles no tocante às suas aspirações presentes e futuras.

No que diz respeito ao ensino de Biologia, somam-se ainda a esses desafios já apontados, a quantidade de termos diferentes – com pronúncias difíceis e escritas que diferem da linguagem usual da população – bem como o alto nível de abstração exigido por determinados conteúdos, por exemplo Genética, Biologia Celular, divisão celular entre outros. De mais a mais, ainda há a questão curricular, com um currículo excessivamente amplo, carga considerável de diversos conceitos e conhecimentos a respeito de toda uma diversidade de seres vivos e seus processos que, em muitos momentos, a depender da forma como são trabalhados, se apresentam distantes da realidade dos alunos. Outro obstáculo docente é correlacionar muitos desses termos à experiência

já trazida pelos alunos, mesmo enfrentando resistência por parte deles (DURÉ; ANDRADE; ABÍLIO, 2018).

Destarte esses apontamentos, faz-se necessário que os contextos formativos trabalhados no ensino de Ciências e Biologia oportunizem aos estudantes um aprendizado para além de terminologias, conceitos, leis e teorias. Que esse ensino seja vinculado aos dados já existentes de natureza da Ciência, pesquisas científicas em andamento e/ou já finalizadas e as relações diretas entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (DEBOER, 2000).

O entendimento dessas relações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), dentre muitos aspectos, abarca o desenvolvimento pelos alunos de um olhar crítico para o papel que a Ciência e a Tecnologia exercem na sociedade e vice-versa. Nesse contexto, ensinar na perspectiva CTS é oportunizar uma formação cidadã que proporcione uma maior inserção social, no sentido de que os alunos possam se ver aptos a tomarem decisões conscientes sobre assuntos que envolvam Ciência e Tecnologia (CASSIANI; LINSINGEN; GIRALDI, 2011). A aproximação dos alunos de discussões sobre temas de Ciência e Tecnologia, com a contextualização sobre as consequências de ações antrópicas acerca do meio em que se vive e o trabalho para o desenvolvimento de um senso crítico maior, contribuirá deveras para o embasamento de suas decisões dentro da sociedade (ROCHA *et al.*, 2017).

A utilização de um ensino na perspectiva CTS é uma das alternativas possíveis para os professores quando estes trabalham os conteúdos de Genética, área já apontada como de difícil compreensão devido à abstração de conceitos e a não associação do conhecimento à vida cotidiana dos alunos, como, por exemplo, as ervilhas de Mendel, seguido ainda de um ensino em que o livro didático é seu material principal (LEAL; MEIRELLES; ROÇAS, 2019). Tudo isso em uma era de “nativos digitais”, em que professores acabam não estimulando os alunos ao aprendizado dessa temática.

O ensino de Genética é visto como uma área central da Biologia (KREUZER; MASSEY, 2002), posto que seu conteúdo transpassa muitas áreas. Deste modo, o tema deve contribuir para a formação de um pensamento crítico e a consequente habilidade de inferir nas questões sociais, uma vez que muitos temas polêmicos têm sua origem nessa disciplina, como por exemplo alimentos transgênicos, clonagem, fertilização *in vitro*, eugenia, entre outros. Ao aluno será possibilitado

aplicar seu conhecimento no dia a dia, compreendendo as questões da hereditariedade e, também, a biodiversidade (MASCARENHAS, 2016).

Diante de um ensino que possibilite essa formação mais crítica e participativa na sociedade, contribuiremos para o letramento científico dos alunos, termo citado pela BNCC (2017) como o grande objetivo do ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. O indivíduo pode ser considerado letrado cientificamente quando se vê apto a utilizar os conhecimentos científicos para transformar a sociedade em que está inserido, enxergando problemas e propondo soluções (SANTOS; ANGELO; SILVA, 2020). Em conjunto com o letramento científico, a BNCC (2017) ressalta que o acesso aos conhecimentos científicos e a aproximação com processos e procedimentos da investigação científica também devem estar presentes nas aulas de Ciências (BNCC, 2017).

A utilização do Ensino por Investigação (EI) proporciona ao docente a oportunidade não somente de verificar a aprendizagem por parte dos alunos, mas também de observar se eles sabem argumentar, falar, debater, ler e escrever sobre o conteúdo aprendido (CARVALHO, 2018).

Nesse contexto, a Bioinformática surge como uma possibilidade para o aluno trabalhar com EI mediante a proposição de problemas pelos professores – ou por eles mesmos – que lhes estimulem à busca por soluções (MOTA, 2018). O termo foi cunhado a partir da necessidade de organização das informações geradas pela enorme quantidade de dados obtidos experimentalmente e com objetivo de entender e fomentar interpretações científicas que dificilmente seriam alcançáveis sem esses recursos (SADEK, 2004).

A utilização da Bioinformática como recurso didático pode ser feita mediante a utilização de aprendizagem colaborativa com suporte computacional – CSCL, que é um modelo de trabalho colaborativo que tem se tornado cada vez mais frequente na escola e é um ambiente adequado para a promoção do ensino e da aprendizagem, principalmente quando o trabalho pedagógico utiliza, como nesse caso, o suporte das tecnologias digitais da informação e comunicação (SILVA; CASTRO FILHO, 2016).

O CSCL é uma ferramenta de aprendizado específica e pode ser adaptada a todos os níveis de ensino – da escola primária aos programas de pós-graduação. Dessa forma, o uso do computador via CSCL torna-se essencial e promissor, levando ao aumento do uso da Internet por estudantes

incentivados a adquirir conhecimento em pequenos grupos (STAHL; KOSCHMANN; SUTHERS, 2006; STAHL, 2017).

Outrossim, a BNCC (2017), em conformidade com as especificidades do Ensino Médio, traz em seu texto proposições para que os estudantes aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito das tecnologias com o intuito de vincular sua utilização, tanto no tocante aos seus meios de produção e seu papel na sociedade em que está inserido, bem como em relação ao que se espera futuramente em relação ao desenvolvimento tecnológico. A associação da utilização da CSCL para a apresentação das ferramentas de Bioinformática no ensino de Genética pode reduzir os desafios ainda enfrentados nessa área.

Toda essa questão, aliada à devida constatação da necessidade de trabalhos de pesquisa que explorem as concepções e usos da Bioinformática como recurso educacional no Ensino de Genética como ferramentas na promoção do letramento científico dos alunos, serviram de subsídio para o desenvolvimento dessa tese.

CAPÍTULO I
ASPECTOS
HISTÓRICOS DO
ENSINO DE CIÊNCIAS

1.1. Marcos históricos e legais do Ensino de Ciências no Brasil

É notório que há uma influência mútua quando Ciência e Sociedade são analisadas, fato este que rememora a importância de um olhar conjunto que busque sempre essa conexão, uma vez que não se deve ignorar os avanços e as transformações que ocorrem em ambas o tempo todo. Portanto, pode-se dizer que são as duas, Ciência e Sociedade, transformadas e transformadoras. Sendo assim, o aprendizado de Ciências traz à tona o comprometimento com a percepção de que o mundo se transforma a todo momento e o aluno constrói o conhecimento sobre como interpretar os diferentes fenômenos naturais e seus respectivos impactos dentro da sociedade (SASSERON, 2015).

Graças a essa íntima relação entre Ciência e Sociedade que é possível observar o modelo educacional prevalente em determinado momento histórico, uma vez que a educação em si – vista como prática social – acaba por se fazer presente nos contextos sociais, modelos políticos e econômicos aos quais dada sociedade está inserida. Sendo assim, é possível observar, ao longo da história, mudanças consideráveis na forma como o ensino de Ciências era planejado e conduzido, visto que as políticas educacionais sofriam modificações conforme surgiam mudanças políticas governamentais.

Ao analisar o contexto histórico do ensino de Ciências (EC), nota-se a ocorrência de mudanças que atendiam às demandas da época. Na América Latina da década de 1950, houve um período de institucionalização de políticas científicas e tecnológicas com o objetivo de fomentar o desenvolvimento e o progresso dos países. Isso se mostrou em resultados, como, a profissionalização das atividades científicas e a criação de organizações que promovessem e planejassem a Ciência e Tecnologia (CT). Um fato marcante à época era a desvinculação do contexto social no momento de formulação de tais políticas. O pensar e os hábitos dos diferentes atores sociais nesse momento não eram levados em conta, o que levou a um grande prejuízo ao pensamento daquela década (VACCAREZZA, 1999).

Findo os anos 1950 e ao longo das décadas de 1960 e 1970, a Ciência estava sob o domínio do Estado, mesmo aquela gerada dentro das universidades, apesar de haver, nesse período, tanto uma legitimação quanto novas formas de organização, estas que primavam uma separação entre a Ciência produzida e a produção tecnológica. A Ciência produzida no Brasil da época, chamada de

endogerada, atendia, em grande parte, à comunidade internacional, alcunhada de exodirigida (VARSAVSKY, 1979).

Com o acirramento da Guerra Fria, período de disputas entre norte-americanos e soviéticos na década de 1960, os Estados Unidos, tendo sido superados pela União Soviética no envio do primeiro satélite artificial ao espaço – a sonda Sputnik I – refletiu acerca do EC e decidiu criar diversos projetos. Entre eles, o *Physical Science Study Committee* – PSSC e o *Biological Science Curriculum Study* – BSCS, a fim de investir em recursos humanos e financeiros que objetivavam a formação de uma elite a qual pudesse garantir sua hegemonia na corrida espacial. Para tanto, eles visavam um investimento nos cursos científicos das escolas secundárias para que jovens talentos criassem motivação para seguirem as carreiras científicas. Nessa época, a concepção de Ciência ainda era a de uma atividade neutra. (KRASILCHIK, 2000).

No Brasil, após o lançamento do satélite russo, pode-se perceber que um marco importante fora a possibilidade de inovação nos materiais didáticos, pois, até o final da década anterior, eram todos padronizados. Tal mudança se deu com o esforço conjunto do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura – IBCEC – e do CESCEM – Centro de Seleção de Candidatos às Escolas Médicas e Biológicas – que prepararam guias de laboratório, livros e treinamentos para os professores. As experiências de laboratório trazidas por esses novos materiais objetivavam fazer com que o aluno redescobrisse a Ciência e o pensamento científico. Muitos desses kits de experimentação eram vendidos em bancas de jornais.

Com o advento do regime militar no Brasil, o desenvolvimento científico ficara comprometido, tendo sido, proporcionalmente, um dos setores mais atingidos à época. Entretanto, o novo regime acreditava que o investimento em desenvolvimento científico e tecnológico era primordial para a superação do atraso econômico e social do Brasil. Ao passo que ocorriam perseguições aos cientistas brasileiros, havia alto investimento em pós-graduação, em reformas e expansão das universidades, tendo como guia o modelo dos Estados Unidos (MOREIRA, 2014).

Embora pequenas modificações tenham sido sentidas no EC brasileiro após esse período, fora evidenciada a necessidade de superação da dependência internacional. Sendo assim, houve um incentivo à autossuficiência da ciência, o que a tornou autóctone. Desta forma, fez-se necessário formar capital humano qualificado para atender as demandas crescentes de industrialização. A escola, nesse momento, deixa de ser seletiva e passa a ser responsável pela formação de todos os

cidadãos. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) promulgada em 21 de dezembro de 1961, apresentou em seu texto uma ampliação da carga horária das disciplinas científicas e no oferecimento delas. Pouco tempo após a promulgação da LDB, ocorreram mudanças no cenário político oriundas do golpe militar em 1964 e, com a imposição da ditadura, advieram mudanças no papel da escola, que foi redesenhada para a formação profissional com vistas ao desenvolvimento econômico do país (KRASILCHIK, 2000).

Ainda no período pós-1964, muito sob a influência de educadores americanos, viu-se crescer a pedagogia tecnicista, que tem como premissa colocar a educação de forma subordinada à sociedade, cuja função principal era o preparo de capital humano para a indústria, graças à demanda crescente de uma sociedade industrial e tecnológica que surgia na época. Para o tecnicismo, as técnicas de descoberta e aplicação passam a ser tidas como essenciais, e isso tudo se faz com base no conhecimento científico. É considerada uma ferramenta eficaz para maximizar a produção e contribuir para o bom funcionamento da sociedade (LIBANEO, 1983).

Foi possível observar, no Brasil, uma contradição nesse momento. Embora os documentos oficiais da época, como a nova LDB de 1971, trouxessem em seus textos a valorização das disciplinas científicas, o tempo disponibilizado para as mesmas fora reduzido, dado o caráter profissionalizante em vigor advindo de uma pedagogia tecnicista. Outro motivo a corroborar essa contradição é a busca por uma “vivência do método científico” e “atualização de conhecimentos” ser dificultada pela forma tradicional (descritiva, teórica e segmentada) que o ensino era apresentado nas escolas (KRASILCHIK, 2004). Importante mencionar o destaque dado ao “método científico”, que contribuiu para a confusão de docentes, pois estes faziam uma associação – errônea – de metodologia científica como metodologia do EC (BRASIL, 1997, p.18).

Os currículos de Ciências Naturais após meados da década de 1970 tiveram que abarcar conteúdos advindos da crise energética, do aumento dos danos ao meio ambiente e à saúde. No Brasil, a acelerada escala de produção industrial incentivada pelos Planos Nacionais de Desenvolvimento I e II (1972 e 1975, respectivamente) somado ao financiamento externo e ao aumento de juros americanos em 1973, fez culminar em território nacional e em livros didáticos o que já se discutia a nível internacional, em uma tentativa de estabelecer uma conexão entre sociedade e Ciências (BRASIL, 1997, p.20).

Na década de 1980, ocorria no país um forte movimento de redemocratização e movimentos reivindicatórios de participação popular na política. Diferentes correntes educativas traziam os mesmos anseios de como seria a gestão democrática da educação. Anseios como crítica, emancipação e educação como prática social faziam parte da perspectiva comum que os projetos educativos traziam (CANDAUI, 2000). Um aspecto importante para essa década é que, embora as teorias cognitivistas houvessem surgido no Brasil nos anos de 1960, somente em 1980 que começaram a atuar como influência norteadora para o Ensino de Ciências. É possível destacar as teorias de Bruner e o construtivismo interacionista de Piaget (DO NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA 2010).

As lutas de tais movimentos reivindicatórios faziam parte do sentimento de resistência ao modelo instituído pelo regime militar em 1964. Dentro do EC, essa luta trouxe uma ampla variedade de concepções e mobilizou instituições de ensino, universidades e secretarias de educação. Findo o regime militar, em meados da década de 1980, aumentaram os debates acerca da gestão democrática na escola, com a busca pela participação de setores mais amplos da sociedade, tais como pais, movimentos sindicais e moradores do bairro onde a escola se localizasse (BORGES, 2012). O EC, nessa fase, apresentava propostas que questionavam o racionalismo subjacente à atividade científica, bem como a tirava da posição de socialmente neutra, uma vez que o EC visava atrair os alunos que apresentavam um desinteresse notório pelas disciplinas científicas, além de contribuir para a formação de um indivíduo alfabetizado cientificamente (KRASILCHIK, 1987; VEIGA, 2002).

O Estado, ao longo da década de 1980, começou a reduzir – mesmo que de forma lenta e gradual – sua função reguladora à medida que abria a economia ao comércio e às competitividades internacionais e o movimento de globalização passava a influenciar diretamente a produção científica e tecnológica do país. A escolha dos temas de pesquisa básica era, em muitas vezes, realizada por grupos de interesses distintos, o que afetava tanto a pesquisa básica quanto a aplicada. As universidades voltaram a ter seus discursos legitimados, uma vez que a pesquisa realizada por eles era a base do surgimento de novas tecnologias e avanços nos processos de inovação industrial (DO NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA 2010). Nas propostas curriculares das escolas era cada vez mais explícita a conexão existente entre a sociedade e a Ciência. Assuntos recorrentes desde a década de 1960 e bem presentes ao longo dessa década, como crises ambientais, aumento

da poluição, crise energética e lutas anti-segregação raciais pautaram transformações na forma como o EC era proposto dentro das disciplinas científicas (KRASILCHIK, 2000).

A década de 1980 foi marcada, também, por uma luta política contra hegemônica que combatia a manutenção da educação como privilégio do mercado internacional, fato que já ocorria internacionalmente, como, por exemplo, na Inglaterra, com a instauração de uma política neoliberal (DOS SANTOS; MELO; LUCIMI, 2012). No Brasil desse período, a Constituição de 1988 fora promulgada e trazia em sua redação, no art. 205: “A educação, direito de todos e dever do Estado e da família...” e, no art. 206: “I - igualdade de condições para o acesso e permanência na escola”, reafirmando a educação como direito de todos os cidadãos, sendo considerada até hoje um passo primordial nos processos de democratização da escola.

A partir do final da década de 1980 e durante a década de 1990, o EC passa a utilizar, em seu discurso, a formação de um cidadão crítico, consciente e participativo. A vinculação de Ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente já era clara e, dessa forma, os alunos deveriam estar aptos a utilizar o aprendizado científico como ferramenta auxiliar na compreensão do contexto dentro do qual ele está inserido. Diante desse cenário, pode-se observar a incorporação gradual das ideias de Vygotsky como fonte norteadora dos processos pedagógicos, visto que ele defendia o sociointeracionismo, ou seja, a construção do pensamento baseada nas relações sociais dentro do seu contexto (KRASILCHIK, 1998).

Um fato que deve ser levado em conta é que, embora na década de 1990 existissem propostas de melhoria desse ensino e colocação em prática de novas correntes pedagógicas, o EC ainda era desenvolvido de maneira informativa e descontextualizada, o que levava os alunos ainda a uma visão objetiva e neutra da Ciência. A Lei de Diretrizes e Bases para a Educação Nacional – LDB, lei n.º 9.394 de 20/12/1996, trouxe em seu texto uma iminente necessidade de reformulação da Educação Básica devido aos desafios decorrentes dos processos globais e, também, pelas transformações sociais e culturais que influenciam diretamente a sociedade contemporânea nas áreas das Ciências (BORGES; LIMA, 2007).

O entendimento de que a conexão Ciência x Sociedade é real nos remete a um ensino que não apenas apresente as investigações científicas e o método científicos aos alunos. Faz-se mister que eles consigam correlacionar esses processos inerentes aos saberes científicos com a realidade social, política, econômica e cultural na qual estão inseridos (KRASILCHIK, 2000). Nesse sentido,

a educação científica no final da década de 1990 passou a ser vista como atividade estratégica para o desenvolvimento do país. Alfabetizar cientificamente os cidadãos passou a ser um objetivo, muito para combater as crescentes informações pseudocientíficas que invadiam a sociedade naquela época. A visão crítica, consciente e participativa desse cidadão era o que se esperava (FOUREZ, 1997).

Os anos 1990 rememoram época de centralização de políticas curriculares no Brasil. Por meio da publicação de documentos norteadores, o Governo Federal criou o SAEB – Sistema de Avaliação da Educação Básica – redigido pelo do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (Portaria nº 1.795, de 27 de novembro de 1994), cujo propósito era realizar uma avaliação da qualidade da educação básica ofertada no Brasil mediante a aplicação de questionários e provas (BRASIL, 1998b; INEP, 2014a).

O norte curricular foi observado no texto da LDB/96 em seu art. 26º, no qual consta que: “os currículos de Ensino Fundamental e Médio deverão conter uma base nacional comum e [esta] deve ser complementada com conteúdos curriculares especificados na lei e em cada sistema de ensino”. Isto serviu de base para que se alcançassem as diferenças regionais na criação dos currículos escolares.

Em consonância com a LDB/96, em 1998 foram publicadas as Diretrizes Curriculares Nacionais – DCN – para a Educação Básica. Essas diretrizes já eram previstas no art. 210 da CF/88 e no art. 9º da LDB, que versavam que os currículos e seus conteúdos mínimos seriam estabelecidos pelas diretrizes. Dessa forma, os planos pedagógicos, assim como os regimentos das unidades escolares, deveriam respeitar as DCN (BRASIL, 1998).

Elaborados em sequência, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) visavam a proposição de um norteamento educacional às escolas brasileiras com o objetivo de que fossem respeitadas as particularidades locais. Cabe ressaltar que o PCN era um documento orientador, ou seja, era um modelo de expressão do Estado com vistas ao estabelecimento de um conteúdo mínimo a ser trabalhado na escola básica. O documento introdutório e do ensino fundamental I foi publicado em 1997, ao passo que o tomo sobre o ensino fundamental II fora publicado pouco menos de 1 ano após o primeiro, com a conclusão por meio da publicação do documento sobre o Ensino Médio, em 2000.

Em seu texto, o PCN indica que a intenção de sua criação e publicação é

provocar debates a respeito da função da escola e reflexões sobre o que, quando, como e para que ensinar e aprender, que envolvam não apenas as escolas, mas pais, governo e sociedade (BRASIL, 1998, p. 9).

Porém, tanto os PCNs quanto os PCN+ (que foram publicados em 2002, como complemento), provocam diferentes reações na comunidade escolar. Alguns conseguem vislumbrar um caminho possível para delinear uma educação mais próxima dos jovens, enquanto outros debatem a falta de participação na elaboração deles.

No EC, o PCN de Ciências Naturais (1997, p.15) traz como o papel das Ciências Naturais o de “colaborar para a compreensão do mundo e suas transformações, situando o homem como indivíduo participativo e parte integrante do Universo” e reforça a importância do EC em uma sociedade cada vez mais dependente da tecnologia e que lida também com a supervalorização do conhecimento científico. Isso evidencia a ideia de que a ausência do EC deixaria o indivíduo à margem desse modelo de sociedade e sem pensamento crítico para compreender a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como todas as informações que são dadas diariamente nos seus respectivos contextos sociais (BRASIL, 1998, p. 21).

Os PCNs foram os primeiros documentos curriculares a abordarem, de forma explícita em seus discursos, a vinculação das três áreas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), já debatidas indiretamente por outras orientações curriculares. Inclusive, a primeira versão de PCN para Ensino Médio propôs uma nova denominação para a área além de apenas Ciências e Matemática, ao agregar o termo “suas tecnologias”, sugerindo que, em cada uma das disciplinas, pretendia-se promover competências e habilidades que denotassem a capacidade de julgamentos práticos por parte dos alunos. Preconizava-se, nessa primeira versão, que as disciplinas de Biologia, Física, Química e Matemática, em sua contextualização, abarcassem as interrelações entre a Ciência e a Tecnologia (DOS SANTOS, 2008).

A ideia de habilitar os alunos para realizarem julgamentos práticos continuou sendo levantada na década de 2000, onde foi observada a introdução, no âmbito da educação científica, das temáticas de responsabilidade social e ambiental. Elas trouxeram à tona a ideia de formação de cidadania, com a preparação dos alunos para, ao mesmo tempo, questionarem verdades absolutas – fossem elas oriundas de instituições ou grupos de pessoas – serem capazes de se autoavaliar dentro do seu contexto e de se perguntarem: qual será a implicação para a sociedade dessa minha atitude?

O que eu faço na minha vida perante a sociedade pode interferir no coletivo? (DO NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA 2010). Se destacam movimentos como a educação científico-tecnológica para todos (FOUREZ, 1997), assim como também a noção de alfabetização científica para todos que tinham a ideia de trazer criticidade ao olhar dos alunos, propiciando-lhes escolhas conscientes.

Ao falar em uma educação científica para todos, Cachapuz e colaboradores (2005) apresentam uma afirmação do *National Science Education Standards*, predita pelo *National Research Council*, (1996, p.1) que diz:

Num mundo repleto pelos produtos da indagação científica, a alfabetização científica converteu-se numa necessidade para todos: todos necessitamos utilizar a informação científica para realizar opções que se nos deparam a cada dia; todos necessitamos ser capazes de participar em discussões públicas sobre assuntos importantes que se relacionam com a ciência e com a tecnologia; e todos merecemos compartilhar a emoção e a realização pessoal que pode produzir a compreensão do mundo natural.

O lema “Ciência para todos” ganhou grande destaque dentro do meio acadêmico, tendo sido ressaltado em alguns trabalhos científicos (BYBEE; DEBOER, 1994; MARCO, 2000) e consequentemente tendo sido pauta de políticas públicas na área de educação. O Plano Nacional de Educação de 2001, relata a importância de as escolas possuírem uma infraestrutura básica para o desenvolvimento das aulas e apresenta como meta a instalação de laboratórios de Ciências nas escolas. O mesmo documento apresenta também como meta a valorização da carreira de magistério e ressalta que a área de Ciências carece de docentes, sendo isso um problema que contribui de forma negativa para a melhoria da qualidade do ensino na área, do mesmo modo que dificulta a manutenção dos cursos existentes e sua expansão.

Uma das formas de se mensurar a qualidade do ensino demandada pela sociedade que cobra do poder público políticas públicas direcionadas são os sistemas de avaliação em larga escala, como o SAEB, criado na década de 1990 e remodelado em 2005, que fora subdividido em dois sistemas avaliativos: a Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB) e a Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (ANRESC), conhecida como “Prova Brasil”, ambas utilizadas para constituir o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) (INEP, 2014). Porém, a Prova Brasil apenas mede conhecimentos em Língua Portuguesa e Matemática. Houve, apesar disso, um desejo de introdução da disciplina de Ciências como componente dessa ferramenta avaliativa apontado no novo Plano Nacional de Educação, porém isso não ocorreu (DANTAS; MASSONI; SANTOS

2017), o que não possibilitou ao governo alcançar dados sobre o ensino de Ciências em uma avaliação nacional.

O governo federal utiliza, para a avaliação de Ciências, os dados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) aplicado no país desde o ano 2000 e que oportuniza a comparação dos conhecimentos e habilidades dos alunos brasileiros em relação aos de outros países, o que possibilita ao governo a reformulação de políticas e programas de governo voltados para a área de educação (INEP, 2019). A utilização de avaliação de larga escala como o PISA e outras já citadas no texto como base para a formulação de políticas públicas é alvo de pesquisas. Uma crítica presente é a sua recorrente utilização para o “ranqueamento” de escolas. Contudo, tal resultado não leva em consideração a realidade social observada nos diferentes contextos escolares, o que acaba colocando o professor diante de uma pré-seleção de conteúdos a serem trabalhados.

No EC já é sabido que o aluno é considerado, no momento da criação do currículo, como um cidadão participativo, que pense globalmente. Sendo assim, a preocupação na formação desse aluno já se inicia nos anos iniciais do ensino fundamental, onde busca-se trabalhar questões de higiene, saúde e preservação ambiental. Com o amadurecimento desse aluno ao longo de sua formação escolar, ele começa a se ver cada vez mais diante de questões sociocientíficas em que ele não só produza argumentos, mas consiga tecer elementos que sustentem a sua argumentação (DELIZOICOV; LORENZETTI, 2001; SASSERON; CARVALHO, 2008; BIZZO, 2009). Nesse sentido, as avaliações em larga escala, como o PISA, já apontam o perfil de aluno que se pretende formar e, com base nesse perfil delineado, a produção acadêmica da área é incentivada a problematizar os objetivos e as necessidades políticas na área (PIZZARRO; LOPES JUNIOR, 2017).

Mesmo com as ferramentas avaliativas criadas e utilizadas entre as décadas de 1990 e 2000, não é possível garantir a continuidade das políticas públicas na área da educação, pois muitos resultados auferidos ao longo de um período administrativo (federal, estadual ou mesmo municipal), em uma mudança de governo, estão sujeitos a alterações e são, dessa forma, perdidos. As políticas na área, como já citado anteriormente nesse texto, são vistas como “programas de governo” e, portanto, findo os mandatos acabam sendo descontinuadas.

As DCN e DCNEM, ambas de 1998 e que, à época de publicação e sucessiva implantação, receberam inúmeras críticas advindas das polarizações geradas pela interpretação dos seus textos,

são um exemplo dessa descontinuidade. Era perceptível uma lacuna no que tange a idealização do Ensino Médio preconizado pelas DCNEM e o praticado nas escolas, pois os professores não se reconheciam no texto. Ademais, o fomento necessário e o seu oferecimento por instituições parceiras de cursos de formação de professores eram praticamente nulos (BRASIL, 2006). Porém, uma revisão no texto das DCN só teve início a partir do primeiro mandato do presidente Luís Inácio Lula da Silva, em 2003.

O primeiro passo se deu quando a Secretaria de Educação Básica (SEB) iniciou a revisão dos PCNEM com a consulta aos diversos profissionais da área. A resultante dessa pesquisa foi a publicação, em 2006, das Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) (MOEHLECKE, 2012). As OCNEM apontam, em seu texto de apresentação, a urgência de entender o currículo como uma expressão do conceito que tanto a unidade escolar quanto o sistema por ela adotado tem do seu aluno e o que ambas pretendem fazer com ele.

Um fato relevante apresentado nas OCNEM é que, embora as áreas de conhecimento de Ciências da Natureza (Biologia, Física, Química e Matemática) possuam características similares, como sistemas de investigação, aproximação com a tecnologia, metodologia de pesquisa e termos científicos usados nas linguagens, todas detêm limites próprios e aspectos que as distinguem. Contudo, como todas possuem grandes áreas de pesquisa associadas às disciplinas, cabe ao professor delinear como interpretar o currículo e transpô-lo para esses alunos.

Assim, uma pergunta recorrente é: como selecionar o que deve ser aprendido? Na área de Ciências essa sempre foi uma grande preocupação dos docentes e muitos a usavam como norte para exames de vestibular e/ou livros didáticos. Tal fato atuava como um limitador de abordagem dos conteúdos de Ciências nas salas de aula, visto que eles transmitem o conhecimento, apesar de não contribuírem para a formação de um aluno crítico e reflexivo como desejado há muitas décadas (BRASIL, 2006).

A crescente necessidade do estabelecimento de orientações e diretrizes levou o Ministério da Educação (MEC) a criar uma comissão com o objetivo de revisar e atualizar as DCN. A aprovação final do documento se deu em 2010 para a Educação Básica (Parecer CNE/CEB n.º 7/2010 e Resolução CNE/CEB n.º 4/2010) e especificamente para o Ensino Médio em 2011 (Parecer CNE/CEB n.º 5/2011), com a publicação de ambas em 2013. Mas teria a publicação dessas

novas diretrizes proporcionado uma mudança na confecção dos currículos de Ciências da Natureza?

Sabe-se que mudanças ocorreram. Não obstante, dentro de EC, os objetivos continuaram a vincular a formação desse estudante para o exercício da cidadania assim como a proporcionar a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos presentes em nossa sociedade, pois muito já fora retratado em documentos norteadores publicados anteriormente. Em contrapartida, observa-se no texto das DCNEM (2013) não só uma mudança na linguagem utilizada como também no marco teórico trazido, visto que este vinculava o novo texto redigido a críticas recebidas às antigas diretrizes (MOEHLECKE, 2012).

Desde a carta constitucional de 1988, da LDB de 1996 e das DCN, de 1998 e 2013, havia a demanda por um estabelecimento de uma base nacional comum para a educação básica, documentos que seriam norteadores na formulação de currículos, visto que as competências e a diretrizes são comuns, ainda que os currículos devam respeitar as particularidades locais dos seus contextos. Nesse sentido, a fim de atender às determinações legais anteriores, fora publicada em 2017 a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a Educação Infantil e Ensino Fundamental (CNE/CP Nº 2, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2017) e, em 2018, a BNCC para o Ensino Médio (CNE/CP Nº 4, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2018).

Um fator importante a ser destacado – e que corrobora o já observado ao longo das décadas apresentadas – é que as políticas educacionais ainda são vistas como políticas de governo. Nesse contexto, a BNCC começou a ser formulada no governo Dilma Rousseff e teve sua primeira versão publicada em 2015. A partir desse momento, ela fora amplamente debatida, culminando em uma segunda versão do documento, publicada em 2016. Ambas continham diretrizes para toda a educação básica. No governo Michel Temer, contudo, uma terceira versão – com muitos pontos diferentes das versões anteriores – foi apresentada em 2017 sem as definições do Ensino Médio e com sua equipe formuladora praticamente toda modificada. Assim, somente no final de 2017, o documento foi publicado em sua quarta versão, ao passo que apenas no ano seguinte fora publicada uma versão da Base contendo então as orientações para o Ensino Médio. O documento foi apresentado como normativo e com prazo de dois anos para adequação por parte das escolas (PICCININI; DE ANDRADE, 2018). Com isso, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2020 do Ensino Fundamental apresentou às escolas suas coleções com livros contendo as

alterações sugeridas para a composição dos novos currículos e já estão sendo utilizados nas redes pública e particular do Rio de Janeiro.

A BNCC reforça a ideia de um aprendizado baseado em competências com foco no que o aluno deve “saber” e “saber fazer” mediante a utilização dos conhecimentos, habilidades e valores trabalhados na unidade escolar que vinculem, em conjunto, sua vida cotidiana. Somado ao acesso às escolas, a BNCC prega o acesso de todos ao que o texto chama de patamar comum de aprendizagem (BRASIL, 2017).

Possibilitar que a aprendizagem alcance um patamar comum é uma premissa exposta na BNCC, apesar desta ser uma demanda do mundo globalizado, uma vez que estamos diante de informações atualizadas a todo momento, de culturas digitais que surgem subitamente, de mudanças históricas e culturais na sociedade que ocorrem à passos largos. Todo esse acelerado processo de mudança coloca a escola contemporânea no epicentro do processo de transformação, dado que informações são atualizadas em frações de segundos, o que torna assim o conhecimento rapidamente superado (BRASIL, 2000).

Destarte, a educação deve ser concebida de uma forma que, além de contribuir para a vivência dos estudantes nesse novo modelo de sociedade, também valorize seus interesses. Cabe destacar que, embora traga um foco em proporcionar maior acesso à educação, a BNCC (2017) traz o conceito caro de equidade, pois sinaliza a importância das secretarias de educação em reconhecerem e respeitarem as diferenças existentes nos seus contextos no momento da formulação de seus currículos.

A organização da sociedade contemporânea após a metade da década de 2010 já apresenta um elo cada vez mais estreito entre Ciência e Tecnologia. celulares com leitores de íris, máquinas e motores automatizados, chips de implante dérmico com medicamentos, entre tantas outras novidades tecnológicas são realidade, todas advindas de muita pesquisa científica embasada na necessidade da população. Sob esse ponto de vista, a BNCC apresenta uma novidade em textos oficiais de orientações para a formulação de currículos na área de Ciências, que é a entrada do termo “letramento científico”, cujo objetivo passa a ser formar um aluno com capacidade de interpretação do mundo – natural, social ou tecnológico – de forma a ter condições de transformá-lo com base nos aprendizados teóricos e práticos de Ciências na escola.

Falar em letramento não se restringiria apenas em entender Ciências e identificar os códigos, mas sim o que se consegue fazer a partir desse conhecimento construído. Com o passar das décadas, nota-se a importância da sociedade diante de dilemas sociocientíficos. Por isso, os documentos norteadores sempre trouxeram a necessidade de alfabetizar cientificamente a população, uma vez que mudanças ambientais, por exemplo, o advento de novas tecnologias e novos conhecimentos de genética, já eram realidades cada vez mais presentes no dia a dia. Assim sendo, espera-se que, com letramento científico, um indivíduo, apesar de não ser cientista ou tecnólogo, seja capaz de atuar em sociedade a nível pessoal e social e com a percepção fina de como a Ciência e a Tecnologia influenciam a sua vida (SANTOS, 2007).

Mesmo ao retratar um conceito importante como é o letramento científico, que de certa forma agrega ao EC, a BNCC, em suas diferentes versões, recebeu críticas oriundas da comunidade acadêmica e da comunidade escolar. De forma resumida, em sua primeira versão, e contrariando muito do que já fora dito em outros documentos e em artigos acadêmicos, a BNCC trouxe uma versão conteudista e engessada sobre o EC, além de faltar-lhe clareza sobre o que se considerava ‘fazer Ciências’, além de não dar o devido valor à abordagem histórica, social e cultural ao longo dos temas a serem trabalhados. Outro juízo feito ao documento fora a apresentação de aulas práticas como complementares às teóricas (LEITE; RITTER, 2017). Em sua segunda versão, uma crítica recorrente foi a alta complexidade dos conteúdos, bem como um predomínio dos conteúdos biológicos em detrimento aos de Física e Química, o que não proporciona ao aluno uma visão ampla da educação científica (PICCININI; DE ANDRADE, 2018).

A terceira versão da BNCC houve a inserção do que fora chamado de “Temas Contemporâneos” em substituição ao termo anterior, “Temas Integradores”. O objetivo, dentro desses temas, era debater assuntos que afetam a vida humana dentro dos seus contextos e deveriam ser trabalhados, preferencialmente, de maneira transversal (BRASIL, 2017a, p. 14).

A retirada de determinados conteúdos em detrimento de outros foi duramente criticada como, por exemplo, o corpo humano, que fora apresentado apenas em três sistemas: nervoso, locomotor e reprodutor, com o último a ser apresentado dois anos após os dois primeiros. Tal fato contribui para a formação de uma segmentação disciplinar. Para a quarta versão, poucas mudanças foram observadas, visto que a terceira já seria a final. Não obstante, a supressão de alguns temas da versão final chamou-nos a atenção, como por exemplo “saúde e sexualidade”, “vida familiar e

social”. Tal fato gerou amplo debate no que concerne à pluralidade, erradicação de preconceitos e respeito às diferenças (PICCININI; DE ANDRADE, 2018).

A BNCC de Ensino Fundamental em Ciências é mais um documento a apontar para a necessidade de substituição de aulas ditas tradicionais – as quais os alunos são vistos como sujeito passivos no processo de aprendizagem. Ela traz a urgência de estimular os alunos com aulas que englobem atividades investigativas e que não só compreendam o processo investigativo como também compartilhem os passos dessa investigação, partindo de tópicos desafiadores, ao passo que contribuem para a formulação de problemas, levantamento de dados, análise de resultados e posterior debate, ou seja, para que incentivem o desenvolvimento do pensar científico.

Entretanto, um estudo realizado por Sasseron (2018) aponta que, das 48 habilidades dispostas na BNCC para os cinco primeiros anos do Ensino Fundamental em Ciências, apenas 23 estariam associadas às práticas científicas e epistêmicas conjuntamente, fato este que, segundo Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017), o Ensino de Ciências voltado para a Alfabetização Científica deve englobar. Outrossim, essa abordagem conjunta colaboraria para um contato mais direto com as práticas investigativas pregadas pelo documento.

A percepção das mudanças no campo de EC nos últimos 70 anos contida nessa pequena retrospectiva apresentada nos remete a observar que existe ainda a necessidade de mudanças na forma como ele é planejado. A consciência de sua importância no processo de ensino e aprendizagem contribui para que os docentes planejem suas ações pedagógicas no sentido não do puro e simples aprendizado por parte dos alunos de conceitos científicos, mas da utilização desses conceitos para a tomada de decisões dentro da sociedade, não apenas nos processos finais, mas ao conseguir vislumbrar todo o processo e o aparecimento de novas tecnologias (WARTHA; BERTOLDO, 2019).

Nos últimos dois anos, mais precisamente após 2018, o aumento na disseminação “*fake news*” tem sido avassalador, com muitas delas na área de Ciências, como, o movimento antivacina. *Fake News* são informações, notícias e postagens criadas de modo duvidoso e que não possuem suas fontes verificadas, o que leva leitores a consumirem “pseudoinformações”. Na literatura há registros desse modelo de notícias desde o Império Romano, porém a internet acaba trazendo uma dimensão avassaladora a essas “notícias” (ALLCOTT; GENTZKOW, 2020).

Ao longo das eleições presidenciais dos EUA em 2016 e do referendo sobre o “Brexit” no Reino Unido, uma diferente forma de postular notícias falsas ganhou destaque: “notícias” políticas originadas principalmente nas mídias sociais (LAZER, 2018). Em 2019 e 2020, ao longo da pandemia, acabou-se tornando ainda mais preocupante, uma vez que a desinformação generalizada sobre a pandemia desencadeou o consumo de medicamentos sem comprovação científica, a não celeridade no processo de aprovação das vacinas, a xenofobia provocada com relação à origem do vírus, entre outros pontos.

É difícil afirmar sobre o que leva as pessoas a propagarem desinformação, compartilhando muitas vezes notícias e crenças que nem mesmo defendem. Porém, acreditamos que o letramento científico é o caminho para que, com o tempo, seja possível talvez não acabar com a fabricação de notícias falsas, mas mitigar seu espalhamento na velocidade que a internet permite.

Nessa perspectiva, Hodson (2018) reitera em seu texto que, à medida que o indivíduo é letrado cientificamente, ele se torna apto a interpretar a Ciência, conhecer sua linguagem, diferenciar a “boa Ciência” da “má Ciência” ou “não Ciência”, assim como identificar erros, preconceitos e interesses implícitos nas comunicações feitas e, principalmente o senso crítico e questionador. Porém, sabe-se que para um EC que proporcione a formação dessa criticidade deve-se haver investimentos na escola, dado que a qualidade do EC está diretamente relacionada à disponibilidade de recursos para a instalação de laboratórios, investimento na formação de professores, tempo de qualidade para a preparação de aulas e bons livros didáticos (KRASILCHIK, 2000).

Cabe então a reflexão já feita nesse texto: não existe dissociação entre política e educação. Esta é, em teoria, uma via de mão dupla em que a política fornece orçamento e a educação fornece acesso à informação para que esses futuros cidadãos entendam a própria política e as propostas nela existentes. Porém, com a redução de investimentos e o congelamento de gastos, como fazer uma educação científica pública de qualidade? (PINHEIRO; EVANGELISTA; MORADILLO, 2020). Soma-se a isso os recorrentes problemas observados no campo educacional, como baixos salários dos educadores, infraestrutura precária e evasão escolar.

Em 2020, com a pandemia de COVID-19 causada pelo vírus Sars-Cov-2, também conhecido como “novo Coronavírus”, em que a principal medida de controle da doença naquele momento foi o distanciamento social, as aulas foram suspensas e, nas redes particulares e em

grande parte da pública, foram adotadas plataformas *online* para a manutenção das atividades escolares. Isso proporcionou uma grande exclusão no acesso à educação por parte dos que não tem computador, acesso à internet ou familiaridade com sistemas específicos. Outro fator preponderante que chama a atenção é a necessidade de maior educação científica na população, uma vez que sabonetes antibacterianos acabaram do mercado, álcool de qualquer graduação foi vendido para a desinfecção de superfícies e partes do corpo, além da automedicação – que tem sido amplamente divulgada pela mídia. Tudo isso somado nos faz perceber que, embora tenha havido um avanço no que concerne as metodologias utilizadas no EC – e conseqüentemente no letramento científico da população – ainda existe uma grande lacuna entre as políticas, o mundo acadêmico e as salas de aula.

1.2. Ensino de Biologia e Parâmetros Legais

A forma de ensinar Biologia sofreu inúmeras modificações nos últimos anos. Na década de 1950, o conteúdo de seres vivos, por exemplo, era ministrado de forma desconexa e as ditas aulas práticas eram simplesmente ilustração das teóricas. Na década de 1970, o ensino de ciências era de extrema relevância para o aprimoramento profissional, o que tornava a educação contraditória, pois o texto legal, a LDB (1971), valorizava as disciplinas científicas, ao passo que a necessidade por uma mão de obra qualificada restringia o currículo com disciplinas que pretendiam ligar o aluno ao mundo do trabalho (KRASILCHIK, 2011 p. 18). Atualmente, mesmo após muitos anos de ensino dessa disciplina, ainda se observa que o ensino de Biologia possui caráter pouco motivador e desafiador para os educandos em função de uma prática docente desvinculada da realidade e com a restrição dos conteúdos, reduzindo-os apenas aos livros didáticos. Isso leva a um ensino passivo e desprovido de contextualização (MOURA *et al.*, 2013; NICOLA; PANIZ, 2017; PERINI; ROSSINI, 2019).

Ao abordar as políticas públicas adotadas no ensino de Biologia, é importante lembrar que elas, assim como abordado de forma ampla no EC, variam de acordo com o cenário político. Outro fator importante é o que afirmam Marandino, Selles e Ferreira (2009). Para os autores, há diferentes formas do que se intitula “ensino de Ciências e Biologia”, uma vez que o cenário e os sujeitos para os quais os campos são apresentados apresentam significados distintos. Sendo assim, observa-se

que, a depender do cenário e dos sujeitos envolvidos, uma variedade de práticas com diferentes finalidades pode ser executada.

O reducionismo observado em aulas de Biologia pode ser oriundo de uma necessidade de transpor conhecimentos científicos de maneira simplificada. Este, porém, não se atenta ao propósito da disciplina. Toda disciplina, bem como todo ensino praticado dentro da unidade escolar, deve ser embasada em seu propósito. E qual seria, portanto, o objetivo do ensino de Biologia? A análise etimológica de “Biologia” nos remete ao grego βίος (bios), que significa “vida”, com o sufixo “logia”, oriundo do substantivo λόγος (logos) que significa “ciência de”, “conhecimento de” ou “estudo de”. De forma resumida, é apresentada aos alunos como o “estudo da vida”.

Nesse sentido, quando se trabalha o conhecimento da vida, leva-se em consideração todas as complexas relações sistêmicas dos organismos, como, por exemplo, a interação que esses organismos exercem com o meio no qual estão inseridos. De acordo com os PCNEM (1998, p.14),

É objeto de estudo da Biologia o fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações. Esse fenômeno se caracteriza por um conjunto de processos organizados e integrados, no nível de uma célula, de um indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio.

De maneira simplificada então, pode-se dizer que, com base nos programas curriculares, o ensino de Biologia visa a formação de um cidadão crítico que entende seu lugar como participante do conjunto de relações e interações estudadas dentro da Biosfera do mesmo modo que se sente apto a tomar decisões de interesse social no que tange à Ciência e Tecnologia (DE MORAES; SOARES, 2017).

Uma aula de Biologia destina aproximadamente 85% do tempo à explicação do professor e apenas 15% desse tempo aos alunos, fato este visto pelos docentes como insuficiente para que ele consiga saber o que pensa ou o que sabe seu aluno. Uma mudança que se faz primordial é a substituição de aulas expositivas por aulas cujo foco principal seja a discussão de ideias, intensificando assim a participação dos alunos, seja por meio de comunicação oral, escrita ou visual (KRASILCHIK, 2004) O debate de ideias é propiciado mediante a oportunidade que o estudante tem de transpor o conhecimento a ser aprendido com a sua realidade e, a partir de então, interagir com os pares. Uma vez que a atividade científica é, *per se*, uma atividade social, com uma aula expositiva, todo esse ganho é refreado. Para que essa realidade seja ressignificada, deve haver uma

reflexão do professor sobre sua prática e o consequente desenvolvimento de estratégias didáticas que oportunizem a variação de papéis em sala de aula (SCARPA; CAMPOS, 2018).

Repensar a prática docente é um processo que normalmente parte de uma revolução interna, uma angústia para fazer diferente e, conseqüentemente, obter resultados diferentes. Thomas Khun (2000) aponta que revoluções de pensamento ocorrem mediante a superação de uma visão tradicional de uma disciplina, o que, em parte, contribui para a mudança de paradigma dos profissionais de ensino, uma vez que os mesmos precisam se perguntar o tempo todo por quê e para quem ensinam Ciências. A partir das revoluções advêm outros olhares para o mundo, para a Ciência, explicar o novo e olhar o passado. E, nesse sentido, as legislações, assim como de forma ampla no EC, também contribuem para a uma possível reformulação no Ensino de Biologia.

A decisão de como pautar os currículos disciplinares é antiga, e em Biologia não seria diferente. O próprio PCNEM (2000) rememora que não é uma questão de listagem de tópicos essenciais que mantém um viés de educação tradicional, do mesmo modo que não cabe ser uma inovação arbitrária. O objetivo maior é que o ensino de Biologia, dentro das realidades de seus contextos, respeite os objetivos propostos pelas DCNEM (1998), dentre eles a observação de fenômenos e seus entendimentos, a capacidade de interpretar as variáveis e propor soluções, bem como a observação da estreita relação da Ciência com o desenvolvimento tecnológico que muito tem sido levantado na presente tese. Outrossim, como intenção formativa, o ensino de Biologia deve viabilizar entendimento sobre saúde e bem-estar físico – não como ausência de doença – assim como um entendimento sobre degradação ambiental e o papel do homem na natureza como parte dela (BRASIL, 2000).

Para atingir tais objetivos e atender a difícil tarefa de abordar a complexidade da vida, os PCNEM sugerem que a abordagem seja realizada a partir de um ambiente mais amplo, macro, com início no ambiente, para um nível intermediário, onde sejam trabalhadas as relações e, então chegar ao nível micro, onde é abordada a composição desses organismos até a nível celular. O texto preconiza uma aprendizagem ativa do aluno de forma a superar a memorização muito presente no ensino de Biologia, e, para tal, sugere a utilização de aprendizagem baseada em problemas (o que o texto apresenta como utilização de problemas no ensino) que oportunizem aos alunos se verem diante de processos investigativos característicos do EC.

A percepção dos processos que abarcam as investigações científicas pelos estudantes, desde o conhecimento gerado por elas, as dificuldades encontradas pelos cientistas e as conclusões observadas, tais como a validade dessas conclusões e as consequências na sociedade das mesmas, viabiliza o contato com o chamado “aprender sobre Ciências” da mesma forma que “aprender a fazer Ciências” (HODSON, 2014). De mais a mais, sabe-se que trabalhar com explicações baseadas em evidências é o cerne da atividade do cientista. Contudo, o pensamento argumentativo permeia praticamente todos os setores da sociedade, já que fomenta nos indivíduos tanto a possibilidade de formular suas premissas e explicá-las como também permite a análise das razões dos outros e suas respectivas justificativas (SCARPA, 2015, p.18).

Facultar aos alunos o contato com um ensino de Biologia que instigue a formação desse tipo de raciocínio acaba contribuindo não só para o entendimento e compreensão da atividade científica, mas também o torna capaz de utilizar essa compreensão dentro de suas atividades sociais. Um fator importante retratado nos PCNEM é que, no Ensino Médio – pela carga horária da disciplina – a abordagem de todo o conhecimento biológico é impossível, sendo relevante fazer escolhas sobre assuntos que sejam contextualizados com o público-alvo e, com o entendimento por parte dos discentes, que a história da Biologia em si é um movimento não-linear e muitas vezes contraditório. E, até por isso, traz em suas competências e habilidades informadas no texto a importância de “Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos” (BRASIL, 2000, p.21).

No que concerne ao ensino de Biologia inserido na BNCC de Ensino Médio, na grande área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) o aluno precisa aprofundar muitos conhecimentos obtidos no ensino fundamental. Assim, parte-se do princípio de que esse aluno está mais maduro, com mais vivência e, portanto, as disciplinas precisam oportunizá-los a uma criticidade a fim de que consigam ressignificar conceitos aprendidos, realizar releituras do mundo e tomar decisões pautadas na ética e na responsabilidade social. No tocante às práticas de utilização de problemas para estimular o desenvolvimento de habilidades investigativas trazido nos PCNEM, a BNCC também retrata a ampliação da percepção de investigação adquirida pelos estudantes no ensino fundamental com base em análises quantitativas e modelos experimentais com maior grau de complexidade (BRASIL 2018).

A BNCC é atualmente o documento norteador dos currículos e dos conteúdos a serem inseridos nos livros adotados pelo PNLD. Assim como os outros, também é um documento influenciado pelas políticas públicas, como já citada a versão publicada em 2018, denominada de 3ª versão da BNCC de Ensino Médio. Esta apresenta muita diferença em seu texto, diferenças essas notadas pelo corpo de professores convidados que, após muitas reuniões e estudos, produziu as versões anteriores (COMPIANI, 2018). Como todo documento norteador, a BNCC traz em seu texto as competências e habilidades a serem trabalhadas no ensino de Biologia.

A 3ª versão na área CNT trouxe três competências: a primeira foi analisar os fenômenos naturais e processos tecnológicos com base em matéria e energia para, com isso, tentar trabalhar o individual e o coletivo no que tange à sociedade e seus processos produtivos e respectivo impactos ambientais. A segunda foi construir e utilizar as interpretações sobre a dinâmica da vida, da Terra e do cosmos para elaboração de argumentos, realizar previsões sobre como os seres vivos funcionam e como teriam evoluído e, a partir de então, fundamentar argumentos para decisões éticas. E a terceira visa o trabalho com situações-problema e avaliar o impacto do desenvolvimento científico e tecnológico no mundo para conseguir transpor esse conhecimento e propor soluções para sua realidade local, regional ou global, assim como ser capaz de se posicionar com relação ao aprendido por meio de diferentes mídias (BRASIL, 2018).

Ao analisar o detalhamento dessas competências do mesmo modo que as habilidades apontadas no texto, percebem-se algumas questões importantes: alguns temas abordados na BNCC de 2ª versão foram suprimidos, temas esses que deixam nítida uma influência do governo conservador que assumiu o Brasil após o que se pode chamar de golpe ocorrido no país em 2016, com a deposição por impedimento da Presidenta Dilma Rousseff e assunção à presidência do seu vice à época, Michel Temer. Foi então que surgiram outras complexidades ao cenário social brasileiro, da mesma maneira que um crescimento ao movimento conservador na sociedade (DO NASCIMENTO BORBA; DE ANDRADE; SELLES, 2019)

Os temas que eram parte estruturante do componente curricular da Biologia versavam sobre a importância do ensino de Biologia como uma Ciência que auxilia no senso crítico dos alunos, e colaborava para que eles, além de se manterem informados, conseguissem se posicionar sobre temas diversos do mundo contemporâneo, como: “identidade étnico-racial e racismo; gênero, sexualidade, orientação sexual e homofobia; gravidez e aborto” (BNCC- 2ª versão). A supressão

desses temas na 3ª versão contrapõe o ensino múltiplo e diverso que há muito vem sendo buscado. Como trabalhar para a redução dos preconceitos se os temas, além de não aparecerem nos documentos oficiais, vem sendo veementemente proibidos de serem abordados em sala? Se a sala de aula pode ser vista como o microcosmo da sociedade, o ensino de Biologia deve oportunizar momentos de debates, discussões sobre temas que, além de biológicos, são representações sociais ao mesmo tempo (APPLE, 2017). A Ciência deve ser vista como uma mudança de valores sociais, ao passo que desenvolve o senso crítico dos alunos. Mesmo com muitas críticas à BNCC nessa nova versão de 2017, este é o documento que fora publicado e está sendo amplamente debatido e aplicado na realidade das salas de aula.

Diante de sua utilização, é notório perceber que a BNCC do Ensino Médio traz uma vertente de preocupação com as aulas de CNT. É proposto que elas devam se pautar na contemporaneidade, visto que a juventude possui demandas cada vez mais recorrentes por um ensino pautado em novas tecnologias que consigam se conectar ao modelo próprio que possuem de pensar, vestir e falar, dando, inclusive, ferramentas para que eles consigam se expressar usando as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Por efeito dessas novas conjecturas de sociedade contemporânea, a simples memorização de conceitos e termos altamente complexos em Biologia não têm mais espaço e pouco contribuem para a formação de um cidadão que compreenda as inovações técnicas e científicas que ocorrem o tempo todo (DOS SANTOS *et al.*, 2020). O aluno de hoje apresenta a necessidade de ser desafiado, uma vez que muitos têm acesso ao aprendizado em vários meios digitais que transpassam a sala de aula. Faz-se mister que esse aluno também comece a usar o senso crítico desenvolvido no ambiente escolar – e premissa do EC – para buscar um conhecimento de qualidade.

Desde o início século XXI, com a popularização da internet e o advento de cada vez mais novas tecnologias não só utilizadas pelos jovens, mas por toda a sociedade, houve a demanda de um olhar diferenciado para o setor industrial, hoje visto como mola principal nesse processo de adequação dessas novas tecnologias ao setor produtivo, com o intuito de otimização de processos (DE LIMA; PINTO, 2019). A “Indústria 4.0”, enquanto termo, surgiu na Alemanha, em 2011, com objetivo de criação de “fábricas inteligentes” que utilizavam a tecnologia como ferramenta na promoção de uma maior eficiência. A diferença citada para amparar a denominada quarta revolução

industrial foi a conexão existente entre as pessoas e a Internet para formar um sistema e, portanto, demandar mais da indústria (FUKADA; MARIZ; MESQUITA, 2017).

A Biologia pode ser retratada na indústria 4.0 dentro da subárea de Biologia sintética, cujo objetivo é a utilização de desenvolvimentos tecnológicos para a construção de novas partes biológicas – como enzimas – o redesenho de sistemas biológicos existentes e o consequente aprimoramento dos processos do corpo ou de compostos químicos (PEDERNEIRAS, 2019). Diante dessas perspectivas e novas realidades, faz-se necessária a inserção de novas estratégias de ensino que atendam a essas demandas. Algumas características que essa reconfiguração na educação contempla é um ensino inter e transdisciplinar, assim como a utilização de novas tecnologias de informação e comunicação, ensino híbrido, cultura *maker*, material didático digital, pensamento computacional entre outros (FÜHR, 2018 p. 189).

1.3. Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

Em meados do século XX, na década de 1950, o mundo vivia um movimento pós-guerra que ambicionava o desenvolvimento científico e tecnológico. Porém, a ação antrópica cada vez mais evidenciada demonstrou que a natureza não era capaz de fornecer recursos na velocidade que o desenvolvimento humano requeria, pois, todas as ações humanas realizadas sem planejamento ecológico mínimo, não conduziam ao estado de bem-estar social. A percepção de que os recursos naturais não eram ilimitados começou a surgir mediante a degradação ambiental que era observada pelo amplo desenvolvimento industrial. Outrossim, a associação de Ciência e desenvolvimento científico e tecnológico às guerras devido à produção de bombas atômicas também contribuiu para o maior interesse na Ciência e Tecnologia em associação com a sociedade. Foi diante dessas inquietudes que surgiu, na década de 1970, um movimento denominado Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS (CAVALCANTI; COSTA; CHRISPINO 2014).

O movimento CTS é uma corrente que transpassa os muros escolares, que anseia aproximar os alunos de uma realidade cada vez mais tecnológica para assim atuarem como um elo na conexão intrínseca entre as três áreas. Nesse sentido, é visto como uma das reformas curriculares ocorridas no EC, também resultante de mudanças sociais, tanto políticas como comportamentais. Como citou Jim Gallagher em 1971:

Para futuros cidadãos em uma sociedade democrática, compreender a inter-relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade pode ser tão importante como entender os conceitos e processos da Ciência (GALLAGHER, 1971, p. 337, **tradução nossa**).

Fensham (1988b) também apontou em seu texto algumas das distintas realidades sociais da época que influenciaram o surgimento do CTS, tais como: a segunda guerra mundial, as reformas do EC pós Sputnik, a investigação sobre o ensino, a aprendizagem de Ciências e uma árdua vontade de alguns professores de terem um EC mais humanizado, mais conectado com a realidade dos alunos, dentre outros. O pioneirismo soviético com o programa Sputnik pôs o EC em cheque: o avanço científico e tecnológico não fora questionado em nenhum momento, porém o EC foi apontado como se não representasse a Ciência dura praticada por cientistas. Portanto, muitos investimentos e propostas de novas metodologias surgiram para que essa “lacuna” fosse suprida.

A publicação, na década de 1950, do livro “*Science Literacy: Its Meaning for American Schools*” (“Alfabetização Científica: seu significado para escolas americanas”, em tradução nossa), de Paul Hurd, trouxe uma perspectiva de aproximação do currículo de Ciências com a realidade. Ele trouxe pela primeira vez em seu texto o termo “*Scientific Literacy*” e, ao longo de toda a publicação, era notório perceber a intenção de trazer a sociedade para o mundo da Ciência com o intuito de que as decisões coletivas e individuais pudessem ser tomadas de forma consciente. O termo utilizado por Hurd fora traduzido como “Alfabetização Científica” (AC), tendo como premissa que a população conseguisse entender melhor não só os termos científicos, mas também seus processos, como fazer e como interpretar seus resultados.

A reestruturação curricular suscitada pelo movimento CTS objetivava fomentar o debate dos objetivos advindos da formação científica e tecnológica nas escolas e seus respectivos processos, além do desenvolvimento de políticas públicas (AIKENHEAD, 2003; 2009). O movimento CTS foi sendo consolidado no ensino, mesmo tendo ainda sua base dentro da academia.

Na escola, desde então, tem sido recorrente sua utilização em busca da problematização de questões de Ciência e Tecnologia que anteriormente não eram levantadas (GOUVÊA, 2019).

Ao falar de CTS, faz-se importante lembrar das relações sociais estabelecidas ao longo das três áreas separadas e ao mesmo tempo em conjunto. Nesse contexto, a unidade escolar representa um microcosmo da sociedade e, da mesma forma que esta, apresenta uma multiplicidade de relações entre indivíduos diferentes que se manifestam em conversas, conflitos e trocas. Ao pensar nas complexas relações existentes entre a produção de Ciência e tecnologia, cabe uma análise baseada na realidade social: o desenvolvimento científico, a produção tecnológica, assim como o EC com base em um currículo CTS, ocorrem independente das diretrizes capitalistas vigentes nesse modelo de sociedade?

O acelerado processo de desenvolvimento científico e tecnológico que ocorre no modelo capitalista de produção acaba por suscitar uma redução de oportunidades de emprego, visto que, pela lógica capitalista, a redução de custos com a utilização de máquinas tem como consequência a diminuição da hora de trabalho dos trabalhadores. Isso tudo somado contribui para o aumento nos lucros, objetivo desse modelo. Alguns autores (JUNIOR *et al*, 2014; CARVALHO; ZANIN; SHIMBO, 2017) apontaram em seus textos uma estreita relação entre a perspectiva CTS e a teoria de Karl Marx. Carvalho, Zanin e Shimbo (2017) apresentaram o que fora chamado de “erros de interpretação” na forma como Junior (2014) conduziu seu estudo. Porém, ambos remontam que a motivação para o desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica – e ainda a inovação observada – deve-se sobretudo ao aumento da produção, chamado por Marx de “mais-valor relativo”.

Antes de entender o conceito de “mais-valia” de forma simplificada, já que não é o objetivo desse estudo, cabe mencionar que, para o filósofo alemão (2010, p.16): a “célula econômica da sociedade burguesa é a forma de mercadoria, que reveste o produto do trabalho”. Para Marx, a mercadoria pode ser entendida como o produto do trabalho que vai satisfazer as necessidades humanas (tanto pelo consumo da mercadoria propriamente dita quanto pela troca por outras mercadorias). Portanto, a mercadoria em si é um bem útil e permutável, pois o indivíduo trabalha (doa seu tempo) e atribui valor à mercadoria. Essa mercadoria será trocada por outras que propiciem sua subsistência (JUNIOR, 2014). E o valor dela, segundo Marx (2010, p.60), “mede-se pela quantidade média de trabalho necessário para fabricar o bem”.

Dentro da lógica de capitalismo apresentada, o trabalho é dividido normalmente em duas etapas: o chamado trabalho necessário e o trabalho excedente. No primeiro, é o tempo gasto para a produção das mercadorias que garante àquele trabalhador o necessário para trocar por outras mercadorias que atendam ao seu *modus vivendi*, ao passo que o segundo corresponde ao que excede o tempo necessário para a produção das mercadorias, correspondendo ao mais-valia (CARVALHO; ZANIN; SHIMBO, 2017). No que diz respeito à automação advinda dos processos de desenvolvimento científico e tecnológico com vistas à melhoria dos processos de produção e conseqüentemente o aumento de mais-valia, observa-se uma mudança nas relações sociais entre os empregadores e os empregados.

Tal atividade proporciona uma maior fabricação de mercadorias. Logo, o dono do capital vai gerar uma exploração maior do trabalhador inicialmente com o objetivo de aumentar sua produção. Porém, ao passar do tempo, até pelas competições existentes nos setores de produção, outros donos do capital também iniciam um investimento em desenvolvimento científico e tecnológico para que a competição seja justa, o que gera uma redução da mais-valia e, a longo prazo, uma redução no valor da mercadoria (CARVALHO; ZANIN; SHIMBO, 2017).

Sendo assim, tanto o investimento em novas ferramentas quanto no desenvolvimento de novos processos é incentivado pela indústria. Isso acaba também sendo refletido nas instituições escolares, dado que existe demanda por profissionais alfabetizados cientificamente que consigam entrar nesse mercado de trabalho e assim contribuir para a manutenção das forças do capital.

Entretanto, uma crítica que vem sendo feita em algumas pesquisas refere-se à postura de participação social estimulada que, uma vez ainda deveras limitada no tocante aos processos decisórios envolvendo a Ciência-Tecnologia (CT), ainda é conduzida de forma superficial na maneira como os fatos são apresentados à sociedade. Isso denota que, na maioria das vezes, apenas os resultados – não a escolha dos processos – e como eles são realizados, ainda mantêm uma dita neutralidade da CT (SANTOS; AULER, 2019; AULER, 2002; DELIZOICOV; AULER, 2011; AULER; DELIZOICOV, 2015). No campo educacional, a prevalência de CTS acaba limitando-se à pós-produção, pós-definição da agenda de pesquisa. O aluno acaba não sendo despertado para a necessidade de entender o essencial nas pesquisas de CT para então contribuir com seu papel de cidadão nas decisões da sociedade (SANTOS; AULER, 2019).

Nesse sentido, a escola deve ser vista como “o local de mediação entre a teoria e a prática, o ideal e o real, o científico e o cotidiano” (GONDIM; MÓL, 2009, p. 2). Ensinar Ciência a partir de uma perspectiva CTS visa demonstrar a interligação e o modo como a Ciência está conectada ao ambiente social e tecnológico do aluno. Outrossim, o enfoque CTS nas aulas versa também sobre a relevância de conhecer o contexto dos alunos para que então sejam propostas ações que possam contribuir para a formação de um cidadão capaz de atuar na transformação da sociedade (DO CARMO; KIOURANIS; JÚNIOR, 2016). Tal fato exige um ensino cada vez mais dinâmico, o que demanda, por conseguinte, a utilização dos mais variados recursos que supram a essas novas exigências. A escola, nesse contexto atual, deixa de ser lecionadora para ser cada vez mais gestora da informação generalizada, construtora e reconstrutora de saberes e conhecimentos socialmente significativos (GADOTTI, 2013).

O ensino nos moldes do enfoque CTS vem sendo debatido há mais de 50 anos com a premissa de mostrar ao aluno a não neutralidade da Ciência e da Tecnologia, demonstrando que ambas são desenvolvidas em conjunto com os elementos sociais que, por sua vez, encontram-se em constante mudança (BARBOSA; BAZZO, 2014). Santos e Mortimer (2000) apontam que as temáticas CTS são de grande relevância em muitos pontos, tais como: Alimentação, Saúde, Agricultura, Ética, Responsabilidade Social, Meio Ambiente e Indústria. No ensino de Biologia, essas temáticas são sempre transversais, o que demonstra o potencial da disciplina em fomentar debates e reflexões de forma interdisciplinar que oportunizem aos estudantes o desenvolvimento da cidadania.

Silva e Maciel (2017) retrataram a utilização de uma sequência didática (SD) com enfoque em Natureza da Ciência e Tecnologia e Ciência, Tecnologia e Sociedade (NdC&T/CTS) no ensino de Biologia a fim de discutir e apresentar temas de Microbiologia em turmas de segundo ano técnico integrado, no qual 29 alunos participaram. A SD foi dividida em três momentos de uma hora cada. O primeiro momento, além da aula expositiva e dialogada, houve a execução de um jogo didático sobre os conteúdos de Microbiologia para a Educação Básica, ao passo que, no segundo momento, os alunos participaram de uma aula prática de produção de iogurte. No terceiro e último momento, os alunos responderam ao questionário da pesquisa. Dentre os resultados apresentados no referido estudo, 90% dos alunos classificaram a SD realizada como muito ou bastante interessante e, ao justificarem tais classificações, 16 discentes relacionaram o conteúdo

visto ao enfoque NdC&T/CTS, tendo um deles escrito de forma clara que conseguira perceber a interferência de pequenos microrganismos na Ciência e Tecnologia.

A dissertação de mestrado de Araújo (2020) apresentou uma proposta didática com enfoque no ensino CTS de forma interdisciplinar com as disciplinas de Biologia, Física e Química. O ponto de partida da atividade realizada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio se deu na seleção pelos grupos de um problema observado pelos mesmos no local onde vivem ou frequentam, problema esse o qual os próprios alunos pudessem propor solução mediante a utilização dos princípios das Ciências da Natureza. Os grupos dispunham de uma aula por semana para discussão das ideias com o professor, contato eletrônico para retirada de dúvidas, disponibilização de alguns materiais impressos e ou eletrônicos para a solução do problema, bem como, plantão de dúvidas.

Dentre alguns problemas citados pelos estudantes no trabalho de Araújo (2020), foram: acidentes em escada rolante, queda do viaduto na Marginal Pinheiros em São Paulo, poluição pela queima de combustíveis fósseis e possíveis acidentes com botijões de cozinha. Nas suas considerações finais, o autor discorreu sobre o número de alunos que, ao final da proposta didática relataram que procurariam resolver mais problemas com os conhecimentos das disciplinas. Outro ponto apresentado pelo autor foi o surgimento nas análises, da categoria: pesquisa e reflexão que remonta um dos pilares do ensino sob enfoque CTS, no qual tem, como um dos objetivos principais, proporcionar a pesquisa e a reflexão com a premissa de subsidiar a tomada de decisões desse cidadão na sociedade.

Diante dos trabalhos citados, observamos que são diversas as possibilidades de trabalhar o ensino CTS na sala de aula de Biologia. Uma das formas ainda pouco explorada é o trabalho com problemas sociocientíficos – que são interdisciplinares – ainda que demandem constante atualização por parte do docente, além de uma forma de conduzir a aula que oportunize aos alunos a criação da sua própria percepção sobre a temática apresentada ou uma possível solução para o problema trabalhado (COSTA; COSTA; VENEU, 2018).

A área de ensino de Biologia já se apropria da abordagem CTS em suas pesquisas. Entretanto, não utiliza com frequência as referências que são base comum na área de ensino CTS, o que configura uma área com particularidades próprias, pois mesmo citando os mesmos autores como referência dos trabalhos realizados, os trabalhos citados são diferentes entre si (ROCHA, *et al*; 2017). Os autores mais citados, Santos e Mortimer, são da Química, e Auler e Delizoicov, da

Física (ROCHA, *et al*; 2017). Quando o enfoque é a representatividade da Biologia em CTS, a obra de Rocha (2017) apresenta um levantamento bibliográfico das obras mais citadas e na listagem constam apenas, o trabalho de Amorim (1997).

Nesse sentido, é necessária uma maior reflexão docente sobre o papel do ensino de Biologia dentro do contexto da nossa sociedade, bem como o investimento em uma formação docente de qualidade sobre o movimento CTS, contribuindo assim para a inovação da prática docente com vistas a uma alfabetização científica e tecnológica para todos, e ao mesmo tempo, o estabelecimento do campo CTS dentro da área de ensino de Biologia.

CAPÍTULO II
ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO
COMO
ESTRATÉGIA DE
ENSINO

2.1. Fundamentos teóricos e metodológicos do Ensino de Ciências por investigação (EnCI)

Analisar, mesmo que de forma superficial, o histórico do Ensino de Ciências por investigação (EnCI), nos remonta à opinião de autores como Munford e Lima (2008), que apontam o ato de utilizar questões de investigação no ensino de Ciências não é *per se* algo novo, mas decorrente da curiosidade, além de ser uma característica natural do ser humano e que contribui para que suas atividades sejam guiadas naturalmente pela investigação. Contudo, os mesmos não tiram o mérito do EnCI, posto que visualizam no processo a ação do professor e a busca incansável de novas formas de trabalhar o desenvolvimento do conhecimento científico que não a clássica ênfase em transmissão de conceitos e teorias.

Quando se fala de Ensino por Investigação (EI), abre-se precedente para uma análise mais ampla sobre o significado do termo investigação. De acordo com o dicionário Michaelis (2021), há quatro possíveis acepções, sendo os dois primeiros: 1 – Ato ou efeito de investigar; e 2 – Ato de tentar descobrir (algo) com grande empenho e rigor. Investigação é a tradução do substantivo inglês “*inquiry*” e podem ser encontradas nos textos acadêmicos diferentes conceituações desse termo, tais como: questionamentos, resolução de problemas, ensino por descoberta, entre outras, assim como também se encontram, na literatura, alguns estudos de como foi o histórico da transposição das etapas de uma investigação científica para o ensino de Ciências.

O EnCI é muitas vezes confundido como uma estratégia didática. No entanto, ele transcende essa definição. Pode-se dizer que o EnCI é uma abordagem didática, ou mesmo uma perspectiva de ensino (SASSERON, 2015; SOLINO 2017), que tenciona oportunizar aos alunos uma aprendizagem embasada em atividades que abarquem características de investigação a permitir aos alunos tanto manipularem esses materiais como também amadurecerem o pensamento científico (DEBOER, 2006; SASSERON, 2015). Essa abordagem didática pode ser vista também como uma das muitas mudanças observadas ao longo do tempo no EC com relação aos processos de ensino aprendizagem e que são bem retratadas na literatura acadêmica (CACHAPUZ *et. al.*, 2005; KRASILCHIK, 2000; KRASILCHIK, 2004; DO NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA 2010).

Toda mudança em prática docente advém de uma angústia, a qual pode ter sido desencadeada ou por uma nova política pública ou uma necessidade social nova ou mesmo apenas uma necessidade pessoal de fazer diferente. Thomas Kuhn (1970), brindou-nos com o termo “revolução científica”, que o mesmo explicou serem as mudanças de paradigmas. Seu livro, de cunho acadêmico, foi o mais vendido do século XX, e nele, além de Kuhn haver transformado de forma decisiva o imaginário científico, possibilitou igualmente uma transposição em atividades cotidianas cujas mudanças já são realizadas em nome “da mudança de paradigma”.

Em seu livro, o americano debateu, ao longo do texto, com o pensamento de muitos filósofos. Chamou-nos a atenção quando Kuhn cita a obra do pensador polonês Ludwik Fleck, “A Emergência e o Desenvolvimento de um Fato Científico” (1979). Fleck publicara sua monografia, como chamada por Kuhn, cerca de 30 anos antes da publicação deste. Ambas as obras possuem muitas similaridades não debatidas por Kuhn, mas que foram refletidas em um capítulo publicado por Condé (2005). Diferentemente de Kuhn, o polonês não se pautou na “revolução” para compreender o desenvolvimento da Ciência. Antes, elaborou uma teoria a qual seus dois pilares centrais eram “estilo de pensamento” e “pensamento coletivo”, que não conjecturavam a Ciência como um evento “revolucionário”, mas sim com o que chamou de “evolucionária”, associando as mudanças e os novos pensamentos à mutações continuadas.

Para o autor, o fato científico deve ser entendido como uma construção coletiva, por meio de interações sociais, da comunidade científica. Sendo assim, não ocorreriam rupturas abruptas entre um modelo de pensamento e outro, ou entre o científico e o não-científico, mas sim a evolução de um modelo para o outro (CONDÉ, 2005). Nessa perspectiva, percebe-se que a concepção de um conhecimento científico – novo ou não – é sustentada também pela influência do pensamento coletivo, como diz Fleck (1979), e não apenas do pesquisador em questão e sua capacidade de elucidar um dado empírico.

No decurso de revoluções científicas, inquietações coletivas e individuais no ensino de Ciências ao longo do tempo serviram de mote para o surgimento de algumas propostas. Dentre essas, a utilização da investigação como parte do currículo de Ciências, tanto a nível do ensino fundamental quanto a nível médio, sugerida por John Dewey (1910 *apud* BARROW, 2006). O autor acreditava que os processos científicos não eram trabalhados, mas que a ênfase estava apenas nos fatos, o que não propiciava espaço para se pensar em Ciências como atitude científica e

pensamento científico. A sugestão de Dewey à época foi a utilização, por parte dos docentes, da investigação como uma estratégia de ensino e com o rigor do método científico, que abarcava seis etapas: a detecção de uma situação intrigante que desperte curiosidade, o estabelecimento de um problema, a formulação de hipóteses, os testes das mesmas, a revisão dos testes e busca de solução (BARROW, 2006).

Nota-se que no modelo proposto por Dewey, que sobremaneira impulsionou a reformulação do currículo de Ciências do ensino secundário nos Estados Unidos, o aluno era participante ativo no processo. O autor também sugeria que os problemas a serem investigados fossem pertinentes à realidade dos estudantes e o professor atuava como mediador. O modelo proposto fora revisto por ele anos mais tarde para atingir o objetivo do pensamento reflexivo (BARROW, 2006).

A entrada da investigação no Ensino de Ciências ocorreu somente no século XX. Porém, no século anterior, segundo Deboer (2006), o currículo de Ciências se apresentava clássico, com destaque para gramática e matemática. Entretanto, o que costumava ser chamado de lógica indutivista, no EC já era conhecido e aplicado, uma vez que havia observações sobre alguns fatos para se chegar a uma conclusão, que após eram generalizadas. Tal lógica indutivista utilizada na Ciência abriu caminho para o surgimento das práticas em laboratório, que oportunizariam a vivência e melhor compreensão dos fenômenos naturais. O desenvolvimento dessas atividades no laboratório suplantava os textos dos livros didáticos em informações sobre a natureza. Essas práticas laboratoriais investigativas foram defendidas por Herbert Spencer, filósofo positivista que teve grande influência na utilização do método científico no EC: observação, controle e previsão (ISKANDAR; LEAL, 2002).

Ainda no século XIX, a utilização dessas aulas de laboratório era parte de uma das três fases do que fora denominado “Ensino com Perspectiva Investigativa”, cujas fases eram: **a descoberta**, que abarcava a exploração do mundo natural; a **verificação**, para a confirmação de fatos ou evidências – essa última ocorrida no laboratório; e a última, chamada de “**inquiry**”, que envolvia a utilização do método científico para a proposição de soluções (DEBOER, 2006). Todavia, a inclusão do termo “*inquiry*” na educação científica só ocorreu com a publicação do livro “*Logic: The Theory of Inquiry*” em 1938. No livro, Dewey debatia as etapas do método científico e apontou sistematicamente os objetivos do EnCI, dentre eles: o entendimento dos assuntos da Ciência e seus

processos e o desenvolvimento do pensamento e da razão (RODRIGUES; BORGES, 2008; ZÔMPERO; LABURU, 2011).

O surgimento das ideias cognitivistas a partir da década de 1960 contribuiu para que as ideias de Dewey se tornassem referência, dado que elas valorizavam a importância das experiências socioculturais no processo de aprendizagem dos indivíduos. Como referência na educação científica dentro das ideias dele, é observada a palavra “experiência”, que pode ser mal interpretada como um ensino prático a fim de explicar a teoria. Contudo, o que o norte-americano considerava como “experiência” é, na verdade, a bagagem que todos possuem mediante vivências com situações e/ou pessoas. Desde a criança até o adulto, todos possuem momentos de experimentação que produzem significado. Para Dewey não é viável separar experiência de aprendizagem (ZÔMPERO; LABURU, 2011).

O lançamento da sonda Sputnik em 1957 gerou, como já citado, um questionamento nos Estados Unidos acerca da qualidade do seu EC. Isso desencadeou um aumento no número de diferentes projetos de incentivo à Ciência e à sua prática científica. A “*National Science Foundation*” propôs um currículo de EC em que fosse dada ênfase ao pensar como um cientista (DEBOER, 1991), assim como destaque para as habilidades individuais observadas dentro dos processos científicos. O processo contínuo e nada determinista que compõe a Ciência deve ser apresentado aos alunos: uma informação nunca será verdade absoluta, visto que está sujeita à revisão a cada nova informação e/ou evidência sobre o assunto, ao passo que seus processos devem ser trabalhados de maneira consistente e próxima da realidade.

A associação com a ideia de “*hands-on*” foi observada quando se iniciaram os primeiros debates concernentes ao EnCI, o que fez emergir o destaque observado no cumprimento de etapas pré-determinadas, seguido de um roteiro de ações para a conclusão das atividades (SASSERON, 2018). Conhecer era o cerne da questão, sendo necessária uma revisão no formato de como era realizada a prática de EnCI. A vinculação de três tipos de conhecimento, a saber: conhecimento dos processos, conhecimento conceitual e o conhecimento epistêmico podem ser subsídios para o desenvolvimento do raciocínio científico (OSBORNE, 2016) e são atualmente utilizados nas práticas de EnCI.

2.2. Aspectos do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI)

O EnCI ambiciona conectar alunos com os processos de descobertas científicas autênticas. A complexidade do processo científico não deve ser ignorada, todavia, ao ser transposto, o objetivo é que esse processo seja fragmentado em unidades menores mas que possuam uma ligação em comum e que deem um norte aos alunos, destacando-lhes os pontos-chave e chamando-lhes atenção às partes importantes do pensamento científico (PEDASTE, 2015). A importância do exercício do pensamento científico, deveras presente nas diversas estratégias didáticas utilizadas no EnCI, já era lembrada por Bachelard (1996) que, em sua pedagogia, retratava serem tanto a capacidade de formulação de questões bem como de solução de problemas, partes essenciais nos processos de ensino e aprendizagem. A problematização realizada pelo professor e a relação dialógica entre professor e aluno no processo de estruturação do pensamento científico, também debatido na pedagogia de Bachelard, é muito similar ao observado no EnCI.

Esse modelo de ensino é uma alternativa ao ensino nos moldes tradicionais, pois ainda se detêm em aulas expositivas com alunos passivos, com privilégios para aspectos conceituais e teóricos da Ciência (aprender Ciências), com atividades experimentais ou práticas que eram suporte das aulas teóricas, ou, em muitos momentos, utilizadas como uma maneira lúdica para somente expor determinado conteúdo.

A ressignificação das aulas de Ciências permite a compreensão não só da investigação científica, mas também das características que a compõe: os objetivos e os resultados gerados nessas investigações, as dificuldades enfrentadas pelos cientistas, a validade das conclusões obtidas nas investigações e as relações observadas entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (aprender sobre Ciências). Outrossim, a oportunização aos estudantes de participarem ativamente dessas práticas e proporem soluções para a resolução dos problemas apresentados – aprender a fazer Ciências (HODSON, 2014).

O “fazer Ciência”, que está diretamente ligado ao processo de aprendizagem por meio de investigação, embora tenha um papel importante na concepção investigação científica, não deve ser entendido como essencial para que o processo ocorra. A utilização desse modelo de aprendizagem é motivadora e eficiente ao estimular o pensamento crítico. Contudo, não se deve

cair no erro das simplificações. Ao utilizar o EnCI em sala de aula, o docente não pode somente imitar ou tentar copiar métodos utilizados pelos cientistas em sala de aula (HODSON, 2014).

As atividades práticas com viés científico realizadas pelo modelo de abordagem didática de EnCI trabalham habilidades cognitivas semelhantes às observadas nas comunidades científicas, devendo ser previamente adaptadas às motivações observadas no ambiente escolar (SCHWARTZ; CRAWFORD, 2006). Pedaste e colaboradores, em 2012, definiram o processo de aprendizagem por investigação como uma manifestação de novas relações causais em que os estudantes observam e atuam no processo de levantamento e testes de hipóteses, da realização de experimentos e fazendo observações sobre eles. Em todos esses momentos os alunos estão trabalhando a argumentação, sob a mediação do professor.

A escolha da atividade, tal qual o planejamento desenvolvido pelo professor para realizar uma estratégia de EnCI, é primordial, uma vez que, embora tenham surgido novas opiniões sobre a natureza da investigação científica com o tempo, quando deixados para realizarem as atividades sozinhos, contando apenas consigo mesmos, os alunos tendem a não alcançar o entendimento conceitual que o docente almeja, ao passo que, se guiados muito de perto, a atividade acaba não sendo um “fazer ciência”, mas sim uma reprodução do protocolo pré-estabelecido (HODSON, 2014).

O EnCI pode ser adotado mediante a utilização de diferentes estratégias didáticas que tenham como base o aluno protagonista que atue ativamente na produção do seu conhecimento, bem como que utilize tópicos e problemas para subsidiar uma investigação com o objetivo de serem solucionados. *Pari passu*, nos processos dessa investigação, os alunos sejam capazes de percorrer algumas etapas, tais como: coleta, análise e interpretação de dados; e que o processo demande formulação de hipóteses do mesmo modo que a comunicação das conclusões, sempre embasadas por evidências observadas ao longo do processo (MELVILLE, *et al*, 2008).

O EnCI é normalmente planejado pelo docente e ele busca, com isso, contextualizar e trazer o ensino para uma realidade mais próxima do aluno. O ensino de Biologia, por ser uma disciplina que tem muitos conteúdos relevantes ao dia a dia dos discentes, pode ser tida por eles como um momento aprazível. No entanto, a depender da forma como ocorra, o mesmo ensino de Biologia pode contribuir para a desmotivação dos alunos. Nesse sentido, o EnCI é hoje uma ferramenta

muito utilizada em sala de aula no EC por permitir uma condição de aprendizado diferente. De acordo com Carvalho (2018), o EnCI pode ser observado quando:

O professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (CARVALHO, 2018, p. 766).

A utilização do EnCI proporciona ao docente a oportunidade não somente de verificar a aprendizagem por parte dos alunos, mas também de observar se eles sabem argumentar, falar, debater, ler e escrever sobre o conteúdo aprendido (CARVALHO, 2018). Tal argumentação estimulada pelo EnCI e o resultado desse aluno que atua dentro da sociedade é o que se pode chamar de Letramento Científico – ressaltado na BNCC como um dos objetivos do EC e amplamente debatido no capítulo IV da presente tese. Sobre a atuação desse indivíduo da sociedade, Dewey (1938 *apud* Deboer, 2006, p.26) discorreu que:

Os estudantes devem ser apresentados a assuntos científicos e serem iniciados nos fatos e leis familiarizando-se com suas aplicações no cotidiano da sociedade. A fidelidade a este método não é apenas o caminho mais rápido para compreender a ciência em si, mas à medida que os estudantes se tornem mais maduros, é também o caminho mais seguro para o entendimento da economia e problemas industriais presentes na sociedade (Tradução nossa).

As diferentes estratégias e abordagens didáticas usadas em sala de aula podem contribuir para fomentar a reflexão por parte dos alunos, e dentre elas está o EnCI. Tal abordagem sofrera algumas adaptações nas últimas décadas com o intuito de facilitar sua utilização nas aulas. Porém, os documentos norteadores acabavam por não fazer menção à utilização da investigação nas aulas de Ciências. O primeiro documento oficial a abordar tal tópico foi o PCN (1997). Contudo, mesmo que o Parâmetro tenha abordado a temática, ainda não provocou mudanças na forma de ensinar (ZÔMPERO; LABURU, 2011).

Dentro dessa perspectiva, a BNCC de 2017 alude ao processo de investigação quando aborda o EC dentro da área de Ciências da Natureza e, em seu texto, expõe a necessidade de

assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade **de conhecimentos científicos** produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais **processos, práticas e procedimentos da investigação científica** (BNCC, 2017 p. 321 -grifo no original).

É inerente ao leitor da BNCC ou de textos que a utilizem como referencial, se questionar:
O que deve ser entendido como processo investigativo? A definição apresentada no texto foi:

O processo investigativo deve ser entendido como elemento central na formação dos estudantes, em um sentido mais amplo, e cujo desenvolvimento deve ser atrelado a situações didáticas planejadas ao longo de toda a educação básica, de modo a possibilitar aos alunos revisitar de forma reflexiva seus conhecimentos e sua compreensão acerca do mundo em que vivem (BNCC, 2017, p.322).

A fim de nortear a prática docente no EC com relação aos processos investigativos nas aulas, a Base Nacional Comum Curricular criou quatro modalidades de ação para o estabelecimento do processo investigativo, como é possível observar no quadro 2.

Quadro 1 – Modalidades de ação referente ao processo investigativo.

MODALIDADES DE AÇÃO	OBJETIVOS
Definição de problemas	Observar o mundo a sua volta e fazer perguntas, analisar demandas, delinear problemas e planejar investigações e propor hipóteses.
Levantamento, análise e representação	Planejar e realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.), desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados (imagens, esquemas, tabelas, gráficos, quadros, diagramas, mapas, modelos, representações de sistemas, fluxogramas, mapas conceituais, simulações, aplicativos etc.). Avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado), elaborar explicações e/ou modelos. Associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos, selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos. Aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico e desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais.
Comunicação	Organizar e/ou extrapolar conclusões, relatar informações de forma oral, escrita ou multimodal. Apresentar, de forma sistemática, dados e resultados de investigações e participar de discussões de caráter científico com colegas, professores, familiares e comunidade em geral. Considerar contra-argumentos para rever processos investigativos e conclusões.
Intervenção	Implementar soluções e avaliar sua eficácia para resolver problemas cotidianos e desenvolver ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental.

Fonte: BNCC (2017, p. 323)

Diante dessas modalidades de ação propostas pela BNCC, percebe-se um olhar para a construção do entendimento do processo científico. No entanto, como ressalta Sasseron (2018), o elevado número de ações relacionadas à modalidade “**levantamento, análise e representação**”,

quando comparado às outras, nos faz ligar o alerta para o ressurgimento de uma visão em que o protagonismo dos alunos em EC é voltado para o aprendizado de conceitos.

A autora ainda reforça que, mesmo ciente de tais etapas, que a execução, bem como a escolha de usar uma em um número maior de processos em detrimento de outra, é feita pelo docente. Todavia, em análise mais detalhada no texto em cima das 48 habilidades existentes para o EC do Ensino Fundamental I, somente uma traz a modalidade investigativa de **“levantamento de problemas”** e nenhuma apresenta a modalidade **“intervenção”**. Este pode ser um achado preocupante, pois no EC o caráter investigativo é sustentado pela formulação de problemas e pela busca por soluções, assim como a correlação com a sociedade e o ambiente (SASSERON, 2018).

Da mesma forma que Sasseron (2018), Clement, Custódio e Pinho (2015) também apontaram que, para a ocorrência de um EI que aspire à promoção da aprendizagem, diferentes estratégias podem ser utilizadas. Todavia, todas devem levar em conta que é fundamental a definição de um problema de pesquisa (ou situação-problema). Do mesmo modo que García e García (2000) aludem que o EI a partir da perspectiva da resolução de problemas: “estaria presente tanto na atividade científica como na prática cotidiana, variando, em cada caso, os tipos de problemas levantados e os procedimentos utilizados em sua resolução” (GARCIA, 2000, p. 12, tradução nossa).

Essa preocupação não deve ser vista como algo trivial, visto que a BNCC é um documento norteador de práticas no ensino e o caráter investigativo, como já citado, é trazido como um dos alicerces do EC que visa ao letramento científico. Outrossim, a argumentação fomentada na resolução dos problemas propostos é bastante favorável, visto que promove, entre os alunos, momentos de reflexão, debates, formulação e refutação de hipóteses.

Tendo em mente que o EI deve promover tais debates entre os estudantes organizados em grupo, consideramos que a escolha de tal aporte teórico-metodológico foi oportuna para o desenvolvimento das ações de ensino-aprendizagem da presente tese com foco na promoção do letramento científico.

CAPÍTULO III
ENSINO DE
GENÉTICA E
BIONFORMÁTICA

3.1. Ensino de Genética

A Genética é a área das Ciências Biológicas que estuda os genes em sua estrutura e função (PIERCE, 2012), bem como de que forma se dá a transmissão das características dos organismos vivos, sejam elas morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas entre as diferentes gerações. No momento histórico atual, em meio à pandemia de Covid-19, a Genética e seus termos vêm sendo disseminados por diferentes canais de comunicação numa crescente exponencial, seja para informar da rapidez com que o genoma do SARS-CoV-2 fora sequenciado em fevereiro de 2020, seja para debater um dos tipos de vacinas aprovadas contra o referido vírus, que utiliza o RNA-mensageiro – tipo de vacina onde alguns genes modificados do vírus são selecionados para serem utilizados como imunizante.

O entendimento dessa gama de novas informações que chegam a todo momento depende de um conhecimento básico de Genética. É nesse contexto que estão inseridos a escola e o ensino de Genética, que atuam como mediadores desse processo de aprendizagem e prestam auxílio na compreensão dos termos pelos alunos da mesma maneira que facilitam a identificação de uma notícia quando a mesma traz em seu escopo uma pesquisa séria de cunho científico ou apenas uma manchete sensacionalista com *Fake News* (notícias falsas). Cada vez mais Ciência e Tecnologia permeiam-se na sociedade e o entendimento claro dessa interconexão acaba por possibilitar aos estudantes um olhar mais crítico acerca dos acontecimentos dentro do seu contexto local e global.

Valle (2009) apontou em seu texto que a Ciência e a Tecnologia contribuíram para o surgimento de novas relações, uma vez que alteraram, em conjunto, o espaço, o contexto, a paisagem, assim como as relações humanas. Sobretudo, faz-se necessário pontuar que essas mudanças corroboram a visão de que a escola – e o professor – assumem importantes papéis nessa conjuntura, pois trazem para si a responsabilidade de formar cidadãos cada vez mais conscientes, engajados e atuantes dentro da sociedade.

A BNCC do Ensino Médio aponta essa importância da escola quando traz, em seu texto introdutório, o olhar da Ciência no auxílio da construção de conhecimentos contextualizados:

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas... (BNCC, 2018, p.537).

Nessa perspectiva, o documento normativo evidencia a importância que o ensino de Ciências da Natureza tem para propor situações pedagógicas que oportunizem aos alunos a construção de conhecimentos específicos na área, fomentando debates e questionamentos e um olhar que o permita buscar soluções para diferentes situações dentro da sociedade em que está inserido.

Cabe salientar que o aluno deve construir a percepção de que a Ciência está presente no seu cotidiano, mesmo que naquele momento ele não se veja diante de um experimento laboratorial, nem mesmo de um problema a ser solucionado com base em determinada teoria (SANTOS; MOREIRA, 2020). A motivação de entender a Ciência e a percepção de que ela está inserida no seu dia a dia deve prescindir a visão de atuação na sociedade, até porque isso será consequência.

A BNCC de 2018 tenciona uma mudança na forma como a educação brasileira vem sendo conduzida, com vistas à formação integral do aluno em um modelo de ensino que o discente atue como protagonista da própria aprendizagem. As competências descritas no texto de Ciências da Natureza objetivam o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, a autonomia nas pesquisas de conteúdos, a utilização de tecnologias de informação e comunicação, assim como a inserção das práticas como ferramentas pedagógicas.

A obra é organizada, como já mencionado anteriormente, sob dois núcleos principais: as competências e as habilidades. A primeira pode ser compreendida como “a mobilização do conhecimento” – conceitos e procedimentos –, enquanto a segunda, práticas cognitivas e socioemocionais, guarda estreita relação com as ações escolhidas na resolução das demandas da vida cotidiana (BNCC, 2018, p.8).

Ao longo do texto da BNCC de Ciências da Natureza (2018), são apresentadas três competências, estabelecidas de acordo com o documento, e que prezam pela articulação com aquelas gerais da educação básica, bem como as observadas na área de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental. Dessa forma, cada uma dessas competências abrange habilidades a serem alcançadas de acordo com o documento. Foram descritas no documento um total de vinte e três habilidades concernentes às três competências apresentadas. Após leitura detalhada das habilidades apresentadas, selecionamos quatro que tem relação com à temática de Genética (Quadro 2).

Quadro 2 – Competências e Habilidades referentes à temática de Genética na BNCC.

Competência	Habilidade
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2	(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.
	(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.
	(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3	(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

Fonte: BNCC, 2018 (Classificação feita pela autora).

Diante das habilidades escolhidas, é possível observar que o ensino de Genética, de acordo com o que está disposto na BNCC, deve ser feito de forma interdisciplinar, como apontado pelos autores da obra ao citarem a importância da organização por áreas como um mecanismo fortalecedor das relações entre as disciplinas (BRASIL, 2009 *apud* BRASIL, 2018). Isso também pode ser observado ao longo das competências e habilidades destacadas no quadro 1. Uma crítica que vem sendo feita é a forma menos abrangente a qual os conteúdos estão dispostos, fato que contribui para uma formação mais simplificada (MARTINS; FERREIRA; DIAS, 2019) ou, também, uma formação de aprendizes das novas tecnologias voltada para o mercado de trabalho.

A discussão central trazida à baila aqui não é julgar o mérito da distribuição curricular de Biologia na BNCC, mas de ter a percepção real do quão preparados estão os docentes para esse desafio, pois sabe-se que, tanto Genética quanto Evolução perpassam quase todos os conteúdos de

Biologia. A questão é o professor sentir-se seguro para caminhar de forma interdisciplinar como preconizado por praticamente todos os documentos norteadores da educação básica nacional.

Contrapondo o texto da base, que traz as habilidades a serem alcançadas, mas não trata especificamente de nenhum conteúdo, os PCN+ (2002) retratam especificidades do ensino de Genética no Ensino Médio e apontam que uma das preocupações é o ensino dos códigos próprios e dos métodos experimentais usados na Genética, não indo muito além da apresentação dos conteúdos.

No documento (PCN+), nota-se que os objetivos são tanto apresentar o conteúdo como permitir que o aluno experencie situações didáticas que o levem ao aprendizado das características e da estrutura da molécula de DNA, da mesma forma que tenha habilidade de estabelecer uma relação entre o código genético e suas mutações e, conseqüentemente, suas implicações na diversidade dos organismos vivos e na evolução do planeta. Para tal, o PCN+ traz como sugestões o trabalho com temas polêmicos, julgamento de questões discriminatórias e preconceituosas. Para isso, ele utiliza-se de experimentações, modelos didáticos, simulações, jogos e debates.

Como fora retratado nos PCN+ (2002), publicados há quase vinte anos, o ensino de Genética esbarra em dificuldades para ser executado pelos docentes, fato que é também retratado de maneira constante em muitos artigos científicos (MOURA *et al.*, 2013; PEGORARO, 2016; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018; SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019). Um dos pontos recorrentes observados nessa dificuldade de abordagem de temas relacionados ao ensino de Genética pelos docentes é a quantidade de assuntos extremamente novos que, na maioria das vezes, não foram abordados ao longo de suas respectivas formações acadêmicas (SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019).

Outro ponto a ser levantado quando se fala da dificuldade docente de abordar Genética é a utilização de poucos recursos didáticos diferenciados. A maioria dos professores ainda se vê refém dos livros didáticos, e estes trazem em seus textos terminologias técnicas, muitas vezes descontextualizadas da realidade do aluno (ARAÚJO *et al.*, 2018). Outrossim, o modo que esses compêndios são utilizados em sala de aula remonta à onipotência em relação ao conteúdo trazido, o que não é a realidade, dado que são materiais de grande qualidade e utilidade, apesar de apresentarem limitações, uma vez que falham por não conseguirem abarcar todo o conteúdo. Com o dever de funcionar como um dos recursos do professor em sala de aula, o livro didático acaba

por se tornar o responsável por fazer uma transposição didática a fim de deixar cada vez mais acessível aos alunos as informações apresentadas pelo docente.

Para isso é necessário que o docente invista em cursos de atualização e formação continuada pois, como apontou Krasilchik (2004), a formação dos docentes de Ciências e Biologia nas áreas de Genética e Biologia Molecular não contribui para uma aproximação entre as informações apresentadas pela grande mídia e o currículo escolar da área, visto que se trata, na maioria dos cursos universitários, de uma formação exclusivamente teórica com pouca correlação com o que ocorre no âmbito da sociedade. De mais a mais, soma-se a esse cenário, de acordo com a autora, a falta de equipamentos e materiais de aulas práticas (mesmo com opções já descritas de baixo custo) e a sobrecarga de trabalho dos professores, consequência de um salário insuficiente para suprir suas necessidades de vida.

Além das dificuldades já mencionadas no que concerne a dificuldade dos docentes ao trabalhar a Genética em sala de aula, podemos inserir a organização do currículo escolar de Biologia no Ensino Médio. Nele observamos que temas como “ácidos nucleicos e divisão celular” são usualmente trabalhados no primeiro ano do EM, ao passo que a Genética só é discutida no terceiro ano. Isso coloca tanto professor como aluno em uma descontinuidade perceptível no ensino (AMORIM, 2001), porque, ao se abordar temas como hereditariedade e transmissão das características hereditárias, o aluno depende de conceitos-chave sobre estrutura molecular dos ácidos nucleicos, síntese de proteínas e conceitos de divisão celular, para que não reduzam a Genética e as leis de Mendel ao cruzamento de letrinhas como “AA” e “Aa” (BORGES; LIMA, 2007; LEAL, 2017).

Para os alunos, uma das principais dificuldades observadas na aprendizagem de Genética é o nível de abstração dos conteúdos e, conseqüentemente, a compreensão dos conceitos (BRANCO; CASTRO; SILVA, 2019). O aprendizado torna-se muitas vezes complexo pelo fato dos discentes não conseguirem relacionar os conceitos apresentados à sua realidade, marco importante na constituição de uma aprendizagem com significado.

Cabe ressaltar que o aluno possui seus conhecimentos prévios, uma vez que Genética é abordada de forma superficial no Ensino Fundamental II e a mídia também traz diversos conceitos arraigados nas notícias veiculadas diariamente. Esses conhecimentos devem ser trabalhados pelo professor, uma vez que tais concepções apresentadas por veículos de comunicação apresentam

erros que por vezes dificultam o aprendizado. Cabe ao professor, nesse momento, reconhecê-los e criar estratégias que oportunizem ao aluno trocar a concepção errônea pela cientificamente correta (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018).

Essa transformação de uma concepção pelo aluno normalmente ocorre quando este se vê diante de uma situação-conflito (fornecida pelo docente) em que, face a um incômodo inicial com suas ideias antigas, o próprio docente, deve buscar solução com as novas concepções para resolver o problema proposto (MORTIMER, 1996).

A Genética engloba, dentro do seu currículo, muito do avanço tecnológico retratado nos dias de hoje ao abordar temas relacionados à Biologia molecular: mutagênese, citogenética, transgenia e outros. Tudo isso desperta a atenção dos alunos ainda que, com o desenrolar das aulas e o excesso de termos técnicos, apresentações apenas cognitivas, falta de interação entre professores e alunos, o interesse acaba se esvaindo (SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019). Soma-se a essas dificuldades muitos conceitos conflitantes entre o que se aprende em sala de aula e o que se ouve no senso comum sobre os fenômenos genéticos (SILVEIRA, 2008).

Nessa perspectiva, cabe ao ensino de Genética fornecer subsídios para que esse aluno construa uma rede de conceitos que englobem, desde as moléculas de ácidos nucléicos aos cálculos elementares que envolvam probabilidade em relação às heranças genéticas, bem como o permitam construir pontes de significado ao assistir a um telejornal ou ao conversar com familiares e amigos. Por tudo isso, faz-se mister que sejam criadas cada vez mais estratégias didáticas que contextualizem, que permitam ao estudante a construção desse pensamento crítico.

É sob essa ótica que essa tese fora pensada, quando trouxe dentro de seus objetivos a elaboração de uma estratégia didática que utiliza ferramentas de Bioinformática para mediante a proposição de problemas em um modelo de ensino por investigação contribuir para um ensino de Genética mais lúdico e que desperte nos alunos um maior interesse nas aulas.

3.2. Aspectos históricos da Bioinformática

O aumento no número de pesquisas no desenvolvimento da área das Ciências e o advento de novas tecnologias, assim como a consolidação da conexão existente entre Ciência Tecnologia e Sociedade ocorridos na segunda metade do século XX, aludiu ao aprimoramento de novas tecnologias computacionais, que começavam a ser usadas em diversas áreas de conhecimento e assim contribuíam para mudanças sociais, tanto no que tange o coletivo como o individual. Nesse contexto, desponta na década de 1960, a Bioinformática, termo utilizado para se referir à combinação entre Computação, Tecnologia e Biologia Molecular (HAGEN, 2000). O campo tem como objetivo romper barreiras nas áreas científicas mediante o desenvolvimento de novas abordagens que proporcionassem um novo método de realizar análises e identificar dados biológicos (LESK, 2008).

A Bioinformática pode ser entendida como uma área de saber interdisciplinar que visa investigar e desenvolver sistemas que colaborem com a compreensão do fluxo de informações, desde os genes até estruturas moleculares (ATTWOOD *et al.*, 2019) e sua consequente influência nas enfermidades, saúde e estudos ambientais (PEREZLEO SOLÓRZANO *et al.*, 2003). É uma área que engloba pesquisa, desenvolvimento e utilização de ferramentas de computador para o conhecimento de sistemas e processos biológicos, além de ser uma área emergente, pois faz uso da Tecnologia da Informação para distribuir, organizar e analisar informações biológicas. É uma tentativa de simplificar e resolver problemas biológicos complexos que lança mão de sistemas e ferramentas de computação (PRATTA, 2018).

Antes do seu estabelecimento como um campo dentro das Ciências, a Bioinformática foi considerada um paradoxo, pois a transposição entre o real e o imaginário não era evidente, visto que era improvável acreditar que estudiosos da área de Biologia pudessem utilizar ferramentas computacionais para auxiliar no desenvolvimento de novas estratégias de pesquisas científicas (DE ARAÚJO *et al.*, 2008). Não se pode definir o marco zero em que a Bioinformática surgiu, uma vez que um conjunto de situações fizeram desse campo o que ele é hoje. Assim como ocorre nas Ciências, o campo está em constante transição.

De acordo com Hagen (2000), três importantes fatores contribuíram para a notoriedade do campo. O primeiro deles aponta para um aumento significativo no número de sequências de

aminoácidos, o que acarreta um grande volume de dados a serem trabalhados. Isto tornaria inviável a análise sem a capacidade e velocidade de processamento dos computadores. O segundo fator foi a ideia de que macromoléculas carregam a informação biológica tornou-se central na área da Biologia Molecular e, por último, o terceiro fator foi o desenvolvimento de computadores de alta velocidade durante a II Guerra Mundial.

Ao dissertarem sobre a Bioinformática, Koch e Fuellen (2008) consideraram três subáreas: a primeira abarcaria estudos que aplicam sequências e sequenciamentos; a segunda, pesquisas com estruturas relacionadas, como, por exemplo, proteínas e métodos de RNA ou DNA. E, por fim, a terceira, que englobaria o que os autores consideraram como o próximo campo – a análise de sistemas moleculares – que está relacionado a análises moleculares feitas por sistemas computacionais. Todas essas três subdivisões encontram paralelo na Matemática em uma área também similar chamada de Biomatemática.

No tocante a Bioinformática, Verli (2014) apresentou alguns momentos cronológicos, e dentre eles, é possível destacar, na década de 1950, a publicação na revista *Nature* do trabalho de James Watson e Francis Crick sobre a estrutura em hélice da Molécula de DNA. Ali foram apresentadas as bases moleculares que compõem a molécula e os seus processos de replicação e tradução do material genético. Os estudos de Linus Pauling e Robert Corey, em 1950, e Gopalasamudram N. Ramachandran em 1960, contribuíram para o entendimento da estrutura tridimensional das proteínas e foram também um marco importante nesse processo de desenvolvimento da Bioinformática.

Porém, somente anos após esses estudos, foi publicado um trabalho por Cyrus Levinthal em 1966, onde o computador começara a ser utilizado para a visualização do formato tridimensional de algumas moléculas. No ano anterior, em 1965, fora lançado o “*Atlas of Protein Sequence and Structure*” (ECK; DAYHOFF (1966) que, dentre os autores, se destacou Margaret Dayhoff. Esse atlas compreendeu o primeiro esforço para a sistematização do conhecimento acerca da estrutura tridimensional das proteínas (VERLI, 2014).

Margaret Belle (Oakley) Dayoff foi uma físico-química americana considerada pioneira no campo da Bioinformática. Grande parte de sua carreira se deu na aplicação de tecnologias computacionais em Evolução como forma de suporte aos avanços em Biologia e Medicina, principalmente no que tange a criação de bancos de dados de proteínas e ácidos nucleicos e

ferramentas que contribuíssem para o desenvolvimento de pesquisa nesses bancos. Sua coleção de sequências de proteínas foi lançada no Atlas publicado em 1965. Esse atlas fora estruturado por famílias de genes, reconhecimento esse em que se tornou também precursora. De igual forma, Dayoff auxiliou na compreensão do processo evolutivo mediante o desenvolvimento de “árvores” evolutivas criadas com base nas correlações observadas entre as proteínas e os organismos vivos (MASIC, 2016).

Além das contribuições citadas, Dayoff criou um código de uma letra para a representação de cada aminoácido, ao invés do usual código com três letras. Pode-se dizer que em uma época da computação em que os dados eram armazenados em cartões perfurados, ela transformou a análise de dados biológicos, fato que ainda é utilizado na atualidade. Soma-se a isso o desenvolvimento das primeiras matrizes de substituição e participação na criação de métodos de análise de moléculas por cristalografia de raios-X (VERLI, 2014).

O estudo de Needleman e Wunsch (1970) foi tido como ponto de partida para o desenvolvimento de algoritmos de alinhamento de sequência de acompanhamento, aperfeiçoando e refinando a ideia básica, o que contribuiu também para o advento do campo. Ao final dessa década de 70, o primeiro genoma de um organismo foi sequenciado, o bacteriófago Φ -X174 (ou “PhiX”), que ainda é encontrado nos laboratórios de sequenciamento atualmente como um genoma de controle positivo (SANGER *et al.*, 1977).

A essa época, milhares de sequências de DNA já haviam sido decodificadas e armazenadas em bases de dados. Os dados – que até então eram armazenados pelos próprios pesquisadores que adotavam padrões e códigos dos laboratórios ao qual estariam vinculados na época – precisaram ser revistos (CRITCHLOW; MUSICK; SLEZAK, 2000).

A partir dessa demanda, um grupo de biólogos moleculares e cientistas da computação reunidos em um workshop na Universidade de Rockefeller em Nova Iorque em 1979, concordaram com a necessidade de criar um banco de dados nacional computadorizado (SMITH, 1990 *apud* STRASSER, 2008). Em 1982, o *National Institutes of Health* (NIH) assinou contrato para o estabelecimento de um banco de dados de sequências de ácidos nucléicos público e gratuito que em breve se chamaria GenBank (STRASSER, 2008).

O GenBank é um banco de dados de sequências genéticas que proporciona o acesso da comunidade científica às informações mais atualizadas e abrangentes sobre as sequências de DNA

(GenBank, 2022). Ele atualmente faz parte de uma rede de colaboração formada pelo *European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) e o *DNA DataBank of Japan* (DDBJ). Juntos eles compõem o *International Nucleotide Sequence Database Collaboration* (INSDC).

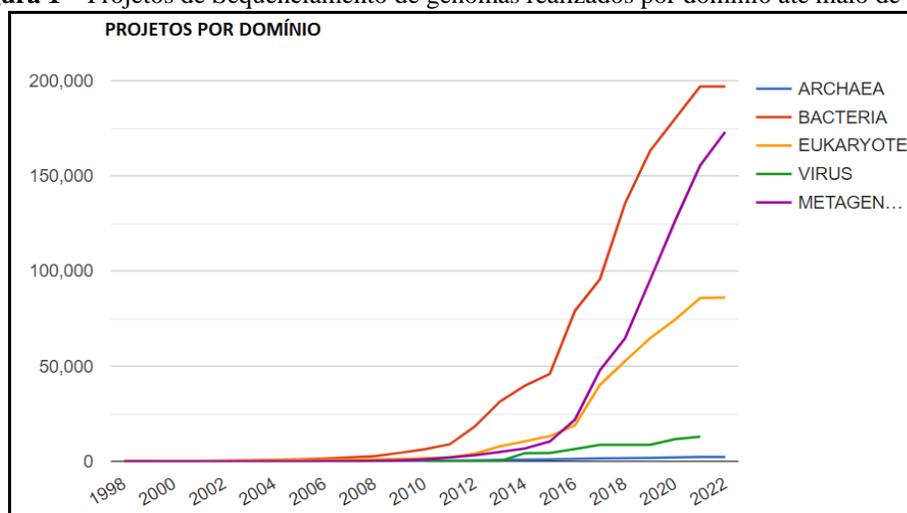
Em 1990, o próprio NIH, em conjunto com o *Department of Energy* (DOE) se juntaram à parceiros por todo o mundo para iniciar o Projeto Genoma Humano (PGH). Com isso, o volume de dados e informações obtidos nas pesquisas aumentou substancialmente, assim como a forma de armazenamento foi sendo substituída por bancos de dados públicos administrados pelo *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), fundado em 1988, cujo *website* mantém link para diversas ferramentas de Bioinformática (links para bancos de dados, programas e diversas informações sobre genômica e assuntos relacionados).

Pode-se afirmar, inclusive, que os dados Biológicos atuais utilizados na Bioinformática derivaram, principalmente desse projeto, o qual é agrupado em três subáreas, dentre as quais a primeira é a genômica, que abarca as sequências de DNA, a segunda é a proteômica, que engloba a função, forma e interação de proteínas, e a terceira, sistemas Biológicos, que remonta desde a análise do papel e interação entre proteínas e DNA na função de células, tecidos e organismos (WEFER; SHEPPARD, 2008).

Devido à magnitude do Projeto Genoma Humano (PGH) e sua complexidade à época, sua conclusão durou mais de 10 anos. Este também foi um dos grandes motivos para o advento da Bioinformática. O projeto fora iniciado com objetivos de determinar toda a sequência de bases do genoma: não só fazer a identificação de todos os seus genes como também armazenar as informações em um banco de dados confiável e que possibilitasse ao público o acesso, além de aprimorar a forma como essa análise de dados era feita (FARAH, 2007). O PGH deu início a uma série de projetos que envolviam o sequenciamento de plantas, mamíferos, invertebrados, fungos, bactérias, vírus, entre outros (figura 1) (VENTER, 2010).

Atualmente, muitas espécies já possuem seus genomas sequenciados, e este número continua a crescer. O GenBank armazena informação sobre seqüências nucleotídicas de aproximadamente 478 mil espécies formalmente descritas (SAYERS *et al*, 2021). Em 1982, quando se iniciou o depósito de seqüências em suas bases, o GenBank possuía 606 seqüências nucleotídicas e 680.338 bases. Em 2022 já conta com mais de 2,1 bilhões de seqüências de nucleotídeos depositadas. Atualizações recentes abarcam inclusive novos recursos para dados relacionados ao vírus SARS-CoV-2 (SAYERS *et al*, 2021).

Figura 1 – Projetos de Sequenciamento de genomas realizados por domínio até maio de 2022.



Fonte: plataforma GOLD (<http://www.genomesonline.org>).

Nesse contexto, a demarcação da Bioinformática acontece como um campo de saber diretamente relacionado ao desenvolvimento de técnicas que aprimorem a relação das Ciências da computação com as áreas Biomédicas, por isso o surgimento de novas aplicações de métodos computacionais em problemas biológicos e em experimentações *in silico*, contribuições efetivas para o estudo da prevenção e tratamento de doenças (CASANELLA SAINT-BLANCARD; RODRIGUEZ JORGE, 2015).

Nos últimos dez anos, tem ocorrido um gradativo aumento de informações oriundas de descobertas científicas do meio acadêmicas, em especial para estudos relacionados a Genética, Biologia Molecular e Biotecnologia para o público em geral. Muito se deve a investimentos

recorrentes em divulgação científica e aos meios de comunicação de massa. Muitas dessas informações advêm da Genética Molecular, um campo da Genética e da Biologia Molecular que estuda a estrutura, organização e função dos genes (FULTON, 2008; PIERCE, 2012).

Como já fora mencionado no texto, a Bioinformática é vista, atualmente, como essencial à pesquisa nas áreas que englobam as Ciências da vida, o que traz à tona uma necessidade premente de treinamentos na área em todo o mundo nos diferentes níveis educacionais devido à escassez de profissionais habilitados para entender e utilizar o grande volume de dados gerados. Isso é cada vez mais notado pois, embora existam as ferramentas de Bioinformática, os bancos de dados e princípios estatísticos tenham sido incorporados a alguns programas de educação, a Ciência de Dados ainda é rara nos currículos de Biociências, o que aumenta a lacuna existente entre a teoria acadêmica e a prática observada nas universidades e escolas (ATWOOD *et al.* 2019).

Esse vazio tornou-se ainda mais evidente nos últimos dois anos, momento que a Ciência tem sido pauta recorrente de debates políticos, sociais e econômicos desde que a pandemia de Covid-19 fora declarada pela organização Mundial de Saúde. Desde então, foi notória a popularização de termos científicos, dentre eles DNA, sequenciamento do genoma, relação antígeno e anticorpo, produção de vacinas, entre outros. Nesse cenário, a Bioinformática também despontou como essencial a muitas inovações que proporcionaram desde o desenvolvimento de testes de diagnóstico a vacinas de uma forma consideravelmente rápida.

Uma semana após as primeiras notificações na cidade chinesa de Wuhan, tido como marco zero da Covid-19, pesquisadores locais conduziram o sequenciamento completo do genoma viral. De igual modo, assim que se deu a confirmação do primeiro caso no Brasil, cientistas do Instituto Adolfo Lutz e das Universidades de São Paulo (USP) e de Oxford, no Reino Unido, em parceria conseguiram sequenciar o genoma do SarsCoV-2 em apenas 48 horas (JESUS *et al.*, 2020). Como forma de vislumbrar a importância dessas ferramentas tecnológicas em associação com os avanços científicos, podemos citar que na pandemia da gripe espanhola, em 1918, o agente causador só fora descoberto 13 anos após o término da pandemia (GOULART, 2020).

Dentre os muitos exemplos existentes de utilização da Bioinformática nos últimos meses, podemos elencar a pesquisa de Pereira *et al.* (2021). Nele, o objetivo era buscar rastrear proteínas viáveis de alguns microrganismos, dentre eles o Sars-CoV-2, mediante a utilização de softwares e servidores disponíveis para a obtenção de epítopos *in silico* e que possuísem maior

imunogenicidade, sendo assim capazes de estimular uma resposta imune com vistas à produção de uma vacina. Por apresentar ferramentas dinâmicas, a Bioinformática possibilita, entre outras coisas, a estruturação de proteínas tridimensionais (3D), que proporcionam uma maior facilidade na busca de sequências de aminoácidos da proteína (DAMIÃO, 2019; PETERSON *et al*, 2020). Isto é fundamental na pesquisa de regiões que tenham uma melhor resposta imune no caso de pesquisas com vacinas.

A popularização dessas informações relativas a dados Biológicos nas atividades escolares, principalmente na área da Genética, contribui para que a população tenha um conhecimento básico desta área, o que auxilia na compreensão, desde a estrutura molecular do DNA até os mecanismos envolvidos na transmissão das características hereditárias. Neste cenário, a escola pode atuar como ponte, propiciando aos alunos ferramentas para a construção desses conceitos e conseqüentemente uma diminuição nessas lacunas observadas.

3.3. Práxis na área de Ensino de Biologia

A organização dos conteúdos escolares em disciplinas, mais especificamente na Biologia, seria uma forma de delimitar, ordenar e selecionar os conhecimentos a serem apresentados aos alunos. Contudo, a mesma organização limita o aluno à observação de um assunto por apenas um ponto de vista. É nesse momento que a interdisciplinaridade se faz presente. Ela ganha cada vez mais espaço nos documentos oficiais devido à urgência de um novo paradigma de conhecimento que, de acordo com Fazenda (2011), ainda está em estudo no mundo inteiro. Nessa perspectiva de um ensino de Biologia interdisciplinar é que podemos utilizar a Bioinformática no currículo de Ensino Médio.

O avanço percebido nos estudos referentes aos campos científicos no curso do último século acabou gerando um fracionamento das Ciências Naturais e, na Biologia, proporcionou o detalhamento e a especificação de muitos dos processos naturais. Contudo, essa disciplinaridade acaba por limitar a comunicação entre as áreas de saber, uma vez que deixa transparecer a dificuldade apresentada por muitos docentes em outras áreas. Na Bioinformática, é notória a falta de conhecimento por muitos professores sobre os algoritmos matemáticos utilizados nas

ferramentas computacionais (MAY, 2004). Isso sugere que a disciplina seja cada vez mais trabalhada de forma interdisciplinar com vistas ao preenchimento de tais lacunas.

A Bioinformática é, em si, uma área interdisciplinar. Como já citado, ela subsidia a utilização de tecnologias digitais em sala de aula. Estudos recentes apresentaram dados que demonstram aprendizagens mais sólidas quando os estudantes são envolvidos em atividades que utilizam a Bioinformática, seja ao nível das competências – sabidamente informáticas – seja a nível de conhecimento e, também, em relação às suas capacidades de vivência em uma sociedade na era digital (MACHLUF *et al*, 2017). Outro fator a se levar em consideração está a colaboração estabelecida entre os alunos quando estão diante de um aprendizado com Bioinformática.

Como já apontado em outros capítulos nessa tese, são factíveis os avanços observados em determinadas áreas, como a Genética e a Biologia molecular. Diariamente nos deparamos com notícias na mídia sobre temas como: transgenia, clonagem, terapia gênica, mutações, edição de genomas, entre outros. Nessas circunstâncias, o sistema educacional é cada vez mais cobrado para que o modelo de educação seja revisto e, ao longo das aulas, sejam debatidos tais conceitos, de tal forma que se consiga despertar o interesse dos alunos a fim de que eles construam ali o seu conhecimento e produzam também suas ressignificações. Assim, as duas áreas, Genética e Biologia molecular, são de estreita relação com o processo tecnológico.

Nesse contexto, a utilização de novas ferramentas pode viabilizar uma dinamização maior e mais efetiva do ensino, contribuindo para o melhor entendimento dos alunos. É exatamente nesse ponto que a Bioinformática pode ser utilizada na sala de aula. Por ser um campo que cresceu em paralelo com a internet, sua utilização pode permear muitos conceitos de Biologia Molecular e Genética de forma mais interativa, atraindo os chamados “nativos digitais” (CASTRO *et al*, 2020). Por se tratar de uma área que perpassa a Ciência experimental e a teórica, não se limitando apenas à modelagem de dados ou “mineração”, a Bioinformática trata de ferramentas importantes para a compreensão do mundo molecular que subsidia o estudo da vida a partir de perspectivas evolutivas (THAMPI, 2009), o que pode auxiliar em diferentes aulas, como por exemplo, Biotecnologia, Evolução e Taxonomia.

O nível de abstração observado em muitos conteúdos de Biotecnologia e Genética se deve, em parte, à quantidade de informações que se somam e são o alicerce para a compreensão dos temas trabalhados nas duas áreas. Quanto mais aprofundamos os assuntos, introduzindo estruturas

que não são visualizadas a olho nu pelos alunos – como DNA, gene e proteínas – o aluno se vê mais distante do conteúdo, o que demanda muitas vezes noções de conceitos tridimensionais (NASCIMENTO; SARAIVA, 2019).

Tal informação pode ser corroborada com base no estudo de Galagovsky (2003) que sinaliza que o aprendizado de conceitos científicos engloba, inclusive, a habilidade em conectar e coordenar múltiplos modos de representação, tais como: formas gráficas, verbais, matemáticas, cinestésicas, experimentais e/ou diagramáticas. Isso reforça mais uma vez a necessidade de utilização de diferentes metodologias de ensino para proporcionar ao estudante experiências que contribuam com o seu aprendizado.

Perante o exposto, pode-se dizer que as ferramentas de Bioinformática se encaixam nesse modelo de recurso pedagógico múltiplo, uma vez que há muitas delas que podem e devem ser utilizadas em sala de aula, tanto na graduação quanto no Ensino Médio. Na rede mundial de computadores há uma gama delas disponíveis gratuitamente. Contudo, é importante que haja um planejamento prévio do docente, bem como conexão estável com a Internet disponível no local onde a prática irá acontecer (AZEVEDO, 2018).

Dentre as ferramentas existentes, os bancos de dados genômicos podem ser consultados não só por estudantes de graduação, mas também por alunos da Educação Básica, que além de acessá-los e manipulá-los de forma gratuita, podem identificar padrões existentes entre diferentes organismos. Em suma, discentes de todos os níveis conseguem vislumbrar, de maneira mais prática, muito do conteúdo abordado de forma teórica, e muitas vezes descontextualizada (FREIRE *et al.*, 2018).

Freire *et al* (2018) apresentam, nesse mesmo estudo, um guia prático para ser utilizado com alunos da graduação no ensino à distância. O guia em questão abarca tanto o uso do NCBI quanto de ferramentas de Bioinformática para isolar um gene específico de uma proteína.

Nascimento e Saraiva (2019) desenvolveram uma pesquisa semelhante no ensino de Biotecnologia. Fora trabalhado inicialmente, com os alunos de graduação, o conceito de banco de dados biológico, onde os pesquisadores apresentaram o NCBI e a *Kyoto Encyclopedia of Genes*

and Genomes (KEGG¹), o *Universal Protein Resource* (UniProt²), e a Plataforma *Phytozome*³, de genomas de plantas. Posteriormente, os autores permitiram aos alunos que eles aprimorassem algumas habilidades, como a análise comparativa de sequência de ácidos nucleicos e o entendimento do processo de síntese de proteínas. Todas as etapas foram realizadas e finalizadas com a discussão do que fora observado pelos alunos.

De igual modo, Castro *et al* (2020) lançaram um boletim técnico do Instituto Federal da Bahia em que descreveram alguns roteiros de aulas para a utilização de ferramentas de Bioinformática na graduação e no Ensino Médio em aulas de Biotecnologia. Tais roteiros partem desde a ferramenta de “Localização do *start códon* e *stop códon* em uma sequência de nucleotídeos”, “Observação da estrutura tridimensional de proteínas” e a “Análise de promotores gênicos”, também embasados na urgência de democratizar o acesso a essas ferramentas e de dinamizar as aulas com o intuito de proporcionar um menor grau de abstração.

Esses estudos apresentados demonstram que tem havido algumas iniciativas com o objetivo de integrar a Bioinformática nos currículos, tanto nacional quanto internacionalmente, como já descreveu Boyle em 2004. Entrementes, estes intentos têm ocorrido de forma esporádica, o que ainda abre uma lacuna que pode e deve ser explorada ante à grande quantidade de ferramentas disponíveis nessa área, muitas inclusive com interface simples que podem contribuir para trazer uma maior motivação para alunos (MARTINS; TAVARES; LENCASTRE, 2017) e professores ao desenvolverem determinadas temáticas.

Machluf, Gelbart, Ben-Dor e Yarden (2017) apresentaram dados a demonstrar que, após uma primeira incursão na utilização de recursos bioinformáticos, os professores acabam por se sentirem motivados, desafiados e confiantes na aplicação de tais métodos, vislumbrando potencialidades didático-pedagógicas com os novos aprendizados. De Oliveira Moraes e Cezar-de-Mello (2021) observaram que os docentes cujo ano de formação é mais atual obtiveram maior facilidade na definição de Bioinformática, bem como na percepção do uso de suas ferramentas como um mecanismo de contextualização dos conteúdos e aproximação da linguagem dos jovens,

¹ <https://www.genome.jp/kegg/> Acesso em Abril de 2022

² <https://www.uniprot.org/> Acesso em Abril de 2022

³ <https://phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html> Acesso em Abril de 2022

além de serem como um recurso facilitador de práticas interdisciplinares com as disciplinas de Física, Informática, Matemática e Química.

No entanto, observa-se ainda uma lacuna na formação desses docentes, pois, ainda que tenham conhecimento de Bioinformática, muitos não dominam as técnicas, o que contribui para o desenvolvimento de práticas que não condizem com a realidade. Por isso, faz-se mister que a formação docente – inicial e continuada – oportunize momentos de prática e aprendizado dessas ferramentas, pois a práxis pedagógica será adquirida mediante a aquisição de certas habilidades com as ferramentas (SILVA; ROCHA; 2019).

3.4. OLATCG, suas ferramentas e a sala de aula de Biologia

De forma simplificada, podemos dizer que a Bioinformática pode contribuir na elucidação de algumas dúvidas, por exemplo, se um gene recém-descoberto e analisado possui semelhança com algum outro gene já conhecido, se a função de certa proteína pode ser inferida pela sequência, ou até mesmo se existe diferença entre os genes observados em uma célula cancerígena quando comparados a uma célula saudável (FRANCO; CEDIEL; PAYÁN, 2008). Dito isso, é importante ressaltar que é difícil presumir o tamanho real da influência desse campo na Biologia. Porém, com base nos dados existentes, sabe-se que a natureza de atuação da Bioinformática é deveras diversa.

Assim sendo, um dos objetivos da presente tese foi o de elaborar uma estratégia didática com ferramentas de Bioinformática, para alicerçar essa prática, foi criada uma plataforma, denominada OLATCG - nome dado por uma menção às bases nitrogenadas do DNA, além de ter uma pronúncia fácil e ser convidativo para os alunos. O intuito principal era que ela conseguisse apresentar algumas ferramentas de Bioinformática para alunos da educação básica, pelos motivos já expressos no presente capítulo. Porém, dentre todas as possibilidades de ferramentas, as elencadas para serem disponibilizadas foram as que apresentavam possibilidades de alinhamento de sequências, busca homóloga e elaboração de árvores filogenéticas. Contudo, o que cada uma dessas ferramentas significa? Qual é a importância de trazê-las com vistas à sua utilização ao ensino de Genética?

No início do presente capítulo, ao abordarmos o tema do ensino de Genética, trouxemos à baila a necessidade premente de trabalhar Genética de forma interdisciplinar, orientação esta

oriunda do texto da BNCC do novo Ensino Médio. Nesse sentido, ao escolher tais ferramentas, intentamos apresentar essas possibilidades de transpassar a Genética em outros conteúdos da própria Biologia.

O alinhamento de sequências é o primeiro passo para a comparação entre duas ou mais sequências em busca de semelhanças entre elas. E a comparação de genomas de diferentes espécies sinaliza muito com relação a história da evolução das espécies, desde o seu início até o presente. Quanto mais similares forem as sequências de genes e do genoma de duas espécies, mais semelhantes devem ser suas funções e mais filogeneticamente próximas elas devem ser, ou seja, mais próxima será a relação dessas espécies em histórias evolutivas (REECE *et al*, 2015). As sequências para o mesmo gene em um grupo de espécies serão mais dissemelhantes quanto mais filogeneticamente distantes estiverem.

O alinhamento é considerado um dos pilares da Bioinformática (NOTREDAME, 2002), uma vez que, com os dados obtidos nas comparações, podem ser originados estudos diversos, tais como: anotação gênica (identificação de todos os genes que codificam proteínas presentes na sequência e, por fim, sua função), análise de domínios, análises filogenéticas, convergência evolutiva, montagem de genomas, entre outros.

Outro ponto relevante é que a comparação de genomas de espécies de relação filogenética mais próxima pode elucidar eventos evolutivos mais distantes, da mesma forma que comparar sequências que possuam relação mais distante pode nos trazer informações a respeito de eventos evolutivos remotos. Diante dessas possibilidades de análises, o conhecimento das características compartilhadas – ou que divergem – traz um grau maior de informações sobre a evolução das estruturas e processos biológicos (REECE *et al*, 2015).

A procura por similaridade de sequências realizada no alinhamento visa a identificação de sequências homólogas e é um dos primeiros e mais informativos passos em qualquer análise de sequências recém-determinadas (PEARSON, 2013). Sequências homólogas podem ser entendidas como aquelas estruturas que apresentam funções similares e que derivam de um mesmo ancestral. Quando as sequências apresentam uma alta similaridade ou identidade, é provável que sejam homólogas. Pode-se dizer, inclusive, que a similaridade entre duas sequências é um indicativo de homologia, uma vez que os genes evoluem e, aos poucos, vão perdendo a identidade entre si e, por isso, ao longo do tempo, tendem a divergir (CAMPOS *et al*, 2008).

Determinadas características homólogas, por exemplo o código genético, são compartilhadas por todas as espécies, uma vez que aludem a um passado ancestral. Entretanto, algumas outras características evoluídas mais recentemente só são compartilhadas por pequenos grupos de organismos. O padrão de descendência de ancestrais comuns é, em geral, representado por Biólogos por um diagrama denominado ‘árvore evolutiva’, em que podem ser observadas as relações evolutivas entre grupos de organismos (REECE *et al*, 2015). Esses diagramas também são chamados de árvores filogenéticas ou cladogramas e, de acordo com Dees *et al* (2014 p. 666):

As árvores filogenéticas são um tipo de diagrama esquemático que ilustra conceitos abstratos, e não a aparência de objetos (diagramas icônicos) ou relações quantitativas (tabelas e gráficos). Devido à sua natureza abstrata, este tipo de diagrama esquemático é usado para descrever processos que, como a evolução, são difíceis de serem observados e sua interpretação é governada por convenções aprendidas.

A utilização dos modelos de árvores filogenéticas é tão prevalente dentro das Ciências Biológicas que existe o termo “pensamento filogenético”, que visa representar a habilidade de conceituar as relações evolutivas entre os táxons (MEISEL, 2010). Dessa forma, desenvolver tal habilidade interpretativa nos alunos se tornou essencial no ensino de Biologia.

Da mesma forma que a homologia pode ser explorada nas aulas de Biologia em todos os níveis de organização, de moléculas a células, tecidos, órgãos, organismos, populações e comportamentos (HALL, 1994), o estudo desses modelos de árvores contribui para além de mostrar as relações de parentesco ou de sintetizar informação biológica, como morfologia externa, embriologia, fisiologia e comportamento. Ele visa proporcionar o desenvolvimento de trabalhos relativos à construção, corroboração e refutação de hipóteses científicas (SANTOS; KLASSA, 2012).

Nessa perspectiva, utilizar o OLATCG com suas respectivas ferramentas pode contribuir para reduzir o abstratismo observado pelo excesso de conteúdos de Genética, além de proporcionar aos docentes uma forma de trabalho interdisciplinar e, de igual modo, ofertar aos discentes possibilidades de experienciar práticas que são utilizadas nos grandes centros de Ciências.

CAPÍTULO IV
LETRAMENTO
CIENTÍFICO

4.1. Alfabetização Científica, Enculturação Científica e Letramento Científico

A Alfabetização Científica (AC) é vista há alguns anos como um dos grandes objetivos do EC, entretanto ainda existem dificuldades na própria definição do termo, pois mesmo com muitos debates em trabalhos acadêmicos nos últimos vinte anos, ainda se observam controvérsias, em especial devido às diferentes formas de caracterizá-lo (NORRIS; PHILLIPS, 2003, LAUGKSCH, 2000; BYBEE; DEBOER, 1994).

Para Norberto Rocha (2018) o termo tem sido utilizado por diferentes campos do conhecimento e seus profissionais, como educadores, cientistas sociais, pesquisadores de opinião pública, sociólogos da ciência, jornalistas, profissionais envolvidos com a educação formal e não formal em ciências, equipes de divulgação científica etc. “Por esse motivo, existem diferentes interpretações, tensões e discussões sobre o significado da AC” (NORBERTO ROCHA, 2018, p. 55). Conforme enunciada por Aguillar (1999), a AC está inserida em uma linha em ascensão na didática das Ciências, uma vez que abarca a adequação da realidade a Ciência: a transposição dos conteúdos é realizada e, conseqüentemente, ocorre o que a autora apontou como decodificação das crenças vinculadas às Ciências.

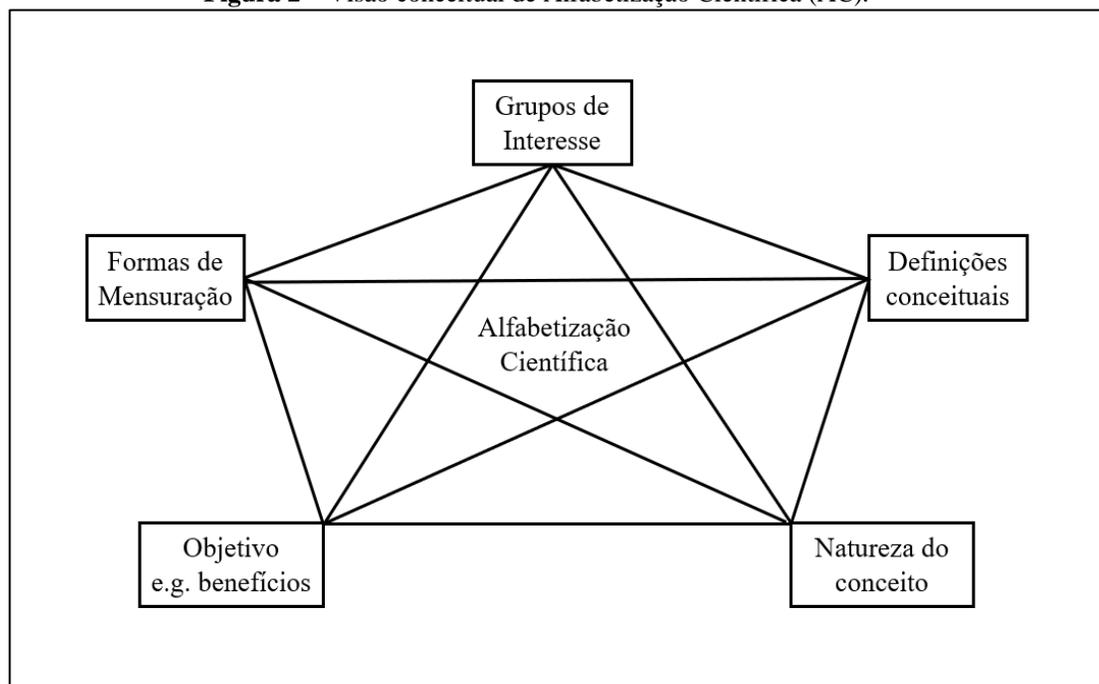
A AC é ainda considerada uma ferramenta de correção de conhecimentos apresentada com imprecisão pela mídia ou até pelo senso comum. Outra vertente da AC serviria para fornecer subsídios para que, estudantes, uma vez alfabetizados cientificamente, possam compreender o mundo que os cercam. Nessa perspectiva, Chassot (2003) defende a Ciência como uma linguagem. Dessa forma, para ele – aluno de Ciências – estar alfabetizado cientificamente é preciso que o mesmo saiba ler a linguagem em que a natureza está escrita. O autor estabelece uma analogia em seu texto onde a Ciência seria uma linguagem construída pelo homem para explicar o mundo natural. Assim sendo, aprender essa nova linguagem seria como aprender nossa língua materna e conseguir ler um texto nela. À medida que se compreende a linguagem da Ciência, o entendimento do mundo tornar-se-ia mais fluido.

No tocante à origem do termo, a expressão “Alfabetização Científica” é uma das possíveis traduções de “*Scientific literacy*”, termo este cunhado no início na década de 1950, como já mencionado, com a publicação do livro “*Science Literacy: Its Meaning for American Schools*”, de Paul Hurd (1958). Dentre uma das possibilidades apontadas para um maior interesse pela AC ao

final da década de 1950, pode-se destacar a motivação norte-americana em desenvolver uma educação científica como resposta ao lançamento soviético Sputnik (LAUGKSCH, 2000). Entretanto, a preocupação com os elementos implícitos no termo, dentre eles a concepção do público sobre o conhecimento científico, só remonta à década de 1990 (SHAMOS, 1995). A contar dessa época constatou-se a necessidade de se estabelecer um diálogo entre a comunidade científica e a população para que esta compreendesse sua importância nas decisões que poderiam afetar diretamente os rumos da nação. E, desde então, fora possível notar um aumento substancial de publicações sobre a temática entre os anos de 1980 e 1990.

Ao pensar as controvérsias existentes na definição de AC, Laugksch (2000) aludiu ao fato de existirem, segundo ele, alguns fatores que possibilitassem diferenciações na forma de interpretar o termo AC (figura 2). Dentre eles, diferentes grupos de interesse em AC, diferentes entendimentos do conceito, a natureza absoluta ou relativa do termo como conceito, diferentes formas de defendê-la, assim como tantas outras formas de mensurá-la. Ainda de acordo com o autor, cada fator apresenta múltiplas possibilidades de combinação, o que desencadeia novas interpretações e percepções da AC, o que leva o conceito, segundo o mesmo, a ser tido como difuso e controverso.

Figura 2 – Visão conceitual de Alfabetização Científica (AC).



Fonte: LAUGKSCH, 2000 (Tradução nossa).

Laugksch (2000), ao longo do seu trabalho, tentou apresentar de forma cronológica alguns estudos que intentavam definir o termo. Um deles foi o de Pella *et al* (1966), que fizeram uma seleção, entre 1946 e 1964, de 100 artigos que tratavam do termo “*Scientific literacy*” e concluíram que o sujeito é alfabetizado cientificamente quando possui clareza no entendimento, principalmente de questões referentes à relação entre Ciência e Sociedade, bem como da ética que deve existir no trabalho de um cientista e a natureza da Ciência.

Outro trabalho apresentado por Laugksch (2000) dentro dessa cronologia foi o de Miller (1983): o autor buscou revisitar o termo e analisar as novas formas que ele aparecia naquele momento nos Estados Unidos. Seu estudo expôs “*Scientific literacy*” dentro do contexto contemporâneo de uma sociedade Científica e Tecnológica em três diferentes dimensões: compreensão das normas e métodos da Ciência; entendimento dos termos-chave dentro de Ciências e dos seus conceitos, bem como a noção real além de clareza do impacto da Ciência e da Tecnologia na sociedade.

Shamos (1995), na mesma linha que Miller, indica três dimensões para a AC, a saber: Cultural, Funcional e Verdadeira. Para a primeira, o entendimento da Ciência como cultura e como essa cultura se relaciona com a sociedade. Para a AC Funcional, esta seria a demonstração de comunicação, leitura e ressignificação de conceitos mediante aprendizados científicos obtidos; e, por último, a Verdadeira, quando o sujeito apreendesse o processo de investigação científica e atingisse um olhar de apreço para a natureza da Ciência (SASSERON, 2011)

Destarte, pensar a AC como ferramenta para auxiliar a compreensão, por parte da população, de dados da Ciência – ainda que entendida como conceito complexo – continuou a ser alvo de estudos. Bybee (1995) em seu texto “*Achieving Scientific Literacy*”, discute que um dos objetivos do EC é auxiliar os estudantes para que eles atinjam um nível máximo de AC. Porém, ao mesmo tempo que inicia seu artigo com essa fala, o autor menciona a urgência de um maior discernimento sobre a sua definição.

Com a intenção de vincular esse conceito ao conhecimento científico de sala de aula, Bybee (1995) expõe, diferentemente de Shamos (1995), quatro dimensões de AC: Funcional, Conceitual, Procedimental e Multidimensional. A Funcional seria a dos termos científicos, visto que o autor defende o uso desses termos para que os alunos consigam tanto ler quanto escrever como a Ciência espera, dominando o vocabulário científico. Nas dimensões Conceitual e Procedimental são

trabalhadas a capacidade do aluno observar a conexão existente entre os elementos fornecidos como informação, tais como o desenvolvimento dos experimentos e a formulação de ideias conceituais e, ao mesmo tempo, após essa conexão, conseguir transpor isso para o seu conhecimento de mundo. Após entender tais relações e ter então a dimensão do papel da Ciência e da Tecnologia em sua vida e no mundo, o aluno atingiu o que o autor chamou de AC Multidimensional (SASSERON, 2011).

Auler e Delizoicov (2001) reforçam a tese de temática de amplo espectro do termo AC quando citado por meio de expressões, tais como: popularização da Ciência, divulgação científica, entendimento público da Ciência e democratização da Ciência. Os autores, no entanto, além da ótica já citada de AC como participação da sociedade nas questões de CT, trazem um viés de que a AC pode ser associada à decisões mais democráticas e, por outro lado, respaldar ações tecnocráticas que rondam o desenvolvimento científico e tecnológico do País.

A importância da participação dos cidadãos nessas decisões, assim como a capacidade de discernir sobre os assuntos científicos e, a partir de então emitirem opiniões cientes de suas implicações, é algo retratado no livro “Ensino de Ciências e Cidadania” de Krasilchik e Marandino (2007, p. 9). As autoras, ao pensarem a AC, fazem alusão à Ciência como parte de nossa cultura. Por conseguinte, o contexto histórico deve ser parte das discussões – desde quando os conhecimentos foram sendo construídos ao longo do tempo – assim como momentos de debates sobre as alterações (boas ou ruins) que suas tecnologias possam ter trazido.

A referência feita pelas autoras de Ciência como parte da nossa cultura nos conduz à segunda tradução possível do termo “*Scientific literacy*”, como “Enculturação Científica” e defendida por alguns autores brasileiros (CARVALHO; TINOCO, 2006; MORTIMER; MACHADO, 1996). Os autores argumentam que, da mesma forma que qualquer sociedade tem cultura religiosa, social e histórica que fazem parte do seu conhecimento de mundo, também a Ciência – com suas ideias e seus conhecimentos científicos – faz parte do seu *corpus* social, compondo uma nova vertente cultural. Os cidadãos, uma vez inseridos nessa nova cultura, estariam aptos a integrarem discussões, obterem informações, e se comunicarem (SOUZA; SASSERON, 2012).

A utilização do termo Enculturação Científica remete-nos ao posicionamento da escola na vida dos indivíduos. Sendo esta considerada um espaço múltiplo em que se apresentam inúmeras

culturas, todas devem ser debatidas e incluídas com vistas à pluralidade cultural. Ademais, nós, docentes, também nos posicionamos e apresentamos aos discentes novas culturas, nunca negligenciando que os próprios alunos trazem também a sua própria cultura. Nessa acepção, a possibilidade de interagir com diferentes culturas na escola – dentre elas a científica – é uma forma de possibilitar que todos os alunos consigam ascender ao topo da escolarização.

Tal ideia, diante do conceito de “capital cultural” de Pierre Bourdieu (1977), acaba por parecer distante. Para o sociólogo, a escola evidencia as desigualdades dado que, para ele, os filhos das classes ricas têm acesso a uma gama de formas da cultura humana e essa cultura é reverberada nas escolas, o que evidencia as distinções entre as classes sociais no espaço escolar. Cumpre esclarecer aqui que todos os alunos, independente de tais acessos, carregam em si uma bagagem cultural oriunda de seu modo de vida em família. A escola, por meio de seu currículo, não é isenta na escolha de qual cultura adotar, e nisso podemos incluir até a publicação dos documentos oficiais norteadores que seguem a política vigente naquele momento (PEREIRA, 2018). Cabe aos docentes em geral, e mais especificamente em Ciências, a escolha – dentro desses documentos – da melhor forma de proporcionar aos alunos um acesso a essa que pode ser vista como uma nova cultura: a Científica.

O termo “Letramento Científico” é outra possível tradução da expressão “*Scientific literacy*” observadas na área acadêmica do Brasil (MAMEDE; ZIMMERMANN, 2007; SANTOS; MORTIMER, 2001). A opção por um dos referidos termos no desenvolvimento de uma pesquisa pode variar de acordo com o público-alvo ou com o grupo de interesse. Nesses grupos de interesse podemos observar desde a comunidade voltada para a educação em Ciências, cujo público são os alunos do ensino básico, principalmente, Ensino Médio. Grupos que envolvam cientistas sociais, e também grupos em que atuem jornalistas e profissionais de museus de Ciência. (LAUGKSCH, 2000).

Embora o presente trabalho tenha optado pelo termo Letramento Científico, cabe ressaltar que, apesar de não haver consenso acadêmico acerca da melhor tradução para o termo original em língua inglesa, no cerne da questão estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências, isto é, razões que conduzem esse ensino à estruturação de benefícios práticos para as pessoas, para a sociedade e para o meio-ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON, 2015)

Desde a publicação de Paul Hurd (1950) constatou-se a necessidade do estabelecimento de um diálogo entre a comunidade científica e a população para que esta compreendesse sua importância nas decisões que poderiam afetar diretamente os rumos da nação. Ao reconhecer que a Ciência não é neutra e seu desenvolvimento está diretamente relacionado ao desenvolvimento da sociedade, o Letramento Científico torna-se uma meta real para tornar os alunos indivíduos capazes de utilizar o conhecimento científico adquirido na solução de problemas do dia a dia e a tomarem decisões com responsabilidade social (SANTOS; MORTIMER, 2001).

Os alunos do ensino básico – principalmente de nível médio – constituem um dos grupos de interesse cujo trabalho com Letramento Científico é possível, visto que o envolvimento desse grupo é incentivado por auxiliar na definição dos rumos que o Ensino de Ciências deve seguir. Não obstante, outra motivação para a utilização desse grupo é a preocupação de como aptidões pessoais, atitudes e valores seriam apensados com sucesso ao currículo de Ciências e verdadeiramente trabalhados pelos professores (CUNHA, 2017).

A escolha pelo termo Letramento Científico nesse estudo baseia-se nas definições de duas pesquisadoras da área dos estudos da linguagem: Magda Soares e Angela Kleiman. Soares (1998, p. 18) define o letramento como: “Resultado da ação de ensinar ou aprender a ler e escrever: estado ou condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita”. Kleiman (1995, p.19) comenta sobre a complexidade do conceito, mas adota sua definição como sendo o “conjunto de práticas sociais que usam a escrita enquanto sistema simbólico e enquanto tecnologia, em contextos específicos para objetivos específicos”.

Espera-se que, com Letramento Científico, um indivíduo, apesar de não ser cientista ou tecnólogo, seja capaz de atuar em sociedade a nível pessoal e social com percepção fina de como a Ciência e a Tecnologia influenciam sua vida (SANTOS, 2007).

Pela natureza do conhecimento científico, não se pode conceber um ensino descontextualizado do seu caráter social. Da mesma forma, não é possível discutir a função social do conhecimento científico sem o entendimento do seu conteúdo, afinal, existe uma interdependência entre o objeto do conhecimento e seu contexto (MORIN, 2000).

4.2. Letramento Científico: controverso ou não?

Alfabetização Científica ou Letramento Científico? Como já mencionado, a opção pelo termo Letramento Científico nessa tese não subjaz em nenhum momento os outros, principalmente a AC, mais usada em trabalhos nacionais. Acreditamos que, no âmbito, encontram-se as mesmas preocupações com o EC, assim como visto em Sasseron e Carvalho (2011) e Sasseron (2015). Mas, se a essência é a mesma, o que torna a escolha pelo termo Letramento ainda ser seguida de momentos controversos?

A análise etimológica dos substantivos aponta que Alfabetização é originário do latim *alphabetume*, e significa “aquisição do alfabeto”, enquanto Letramento advém do inglês *literacy*, que, por sua vez, remonta ao latim *literae*, que significa “letra”, com o sufixo “cy” a demonstrar uma condição de. Ambos os termos são derivados do campo da linguagem e, a depender da forma como são interpretados, podem ser complementares ou divergentes (PEREIRA; AVELAR; LEMOS, 2020, p. 21).

Magda Soares (1998) e Angela Kleiman (1995), pesquisadoras do campo das linguagens, classificam os termos como distintos, porém indissociáveis. Segundo Soares (2004, p.10):

Dissociar alfabetização e letramento é um equívoco porque, no quadro das atuais concepções psicológicas, linguísticas e psicolinguísticas de leitura e escrita, a entrada da criança (e também do adulto analfabeto) no mundo da escrita ocorre simultaneamente por esses dois processos: pela aquisição do sistema convencional de escrita – a alfabetização – e pelo desenvolvimento de habilidades de uso desse sistema em atividades de leitura e escrita, nas práticas sociais que envolvem a língua escrita – o letramento. Não são processos independentes, mas interdependentes, e indissociáveis: a alfabetização desenvolve-se no contexto de e por meio de práticas sociais de leitura e de escrita, isto é, através de atividades de letramento, e este, por sua vez, só se pode desenvolver no contexto da e por meio da aprendizagem das relações fonema–grafema, isto é, em dependência da alfabetização.

A percepção da complexidade do processo de alfabetização é fundamental para se alcançar o que é defendido pelas referidas autoras. Como também aponta Val (2006, p. 19), a apropriação da escrita não só transcende o “simples” domínio do sistema alfabético/ortográfico, mas também abarca o uso adequado e autônomo dessa linguagem escrita em práticas sociais. Sendo assim, a autora também defende que, embora processos distintos, ambos são complementares.

A autora ainda intenta explicar a polêmica – ou o que chama de equívocos – existentes na utilização dos termos à falta de entendimento de que os processos ocorrem em conjunto e não de

forma alternativa, ou seja, trata-se de alfabetizar letrando. Cabe ressaltar também que é errado encarar os processos como sequenciais, como se o Letramento preparasse para a alfabetização ou então a Alfabetização ser vista como condicionante ao início do Letramento (VAL, 2006, p. 19).

Quando pensamos essa relação de Alfabetização e Letramento no campo da Linguagem, observa-se que, na Ciência, os debates sobre a escolha do termo ideal, como já mencionado, também foram trazidos. Cabe aos autores em questão a adoção do termo que melhor defina sua pesquisa, bem como a relação existente entre a pesquisa e o grupo de interesse.

Dentro dessa perspectiva, Laugksch (2000, p. 72) considera o termo LC controverso. O autor, em sua revisão conceitual sobre o termo LC, verificou que o termo “*literacy*” é normalmente entendido e traduzido como “capacidade de ler e escrever”, o que explica, de certa forma, a grande quantidade de trabalhos com preferência de tradução para “Alfabetização”. Outro fator verificado por ele é que as extensões observadas do termo, como por exemplo: “Letramento Digital”, “Letramento Político”, “Letramento Cultural”, como também Letramento Científico, tem grande importância quando falamos da semântica dos termos. Em seu trabalho de levantamento bibliográfico sobre *Scientific Literacy* entre as décadas de 1960 e 1990, Laugksch classificou os trabalhos encontrados em três categorias do que significa ser “letrado”: a primeira refere-se a uma pessoa instruída; a segunda, a uma pessoa competente e a terceira, a uma pessoa capaz de atuar minimamente como consumidor e cidadão (LAUGKSCH, 2000, p. 81).

É comum pensar, sob a ótica dessas três possíveis classificações, que um indivíduo letrado cientificamente é aquele que detém um conhecimento vasto de Ciência tal qual é apresentado nos livros didáticos e nas aulas (AYALA, 1996, p. 1) e que, ao ouvir sobre DNA, RNA e outras vertentes científicas, por exemplo, saberá opinar imediatamente. O que se espera, porém, é que esse cidadão consiga ter um olhar crítico acerca das informações que têm acesso.

O cenário atual – a pandemia de Covid-19 – contribuiu muito para esse olhar da população no que concerne a questões científicas. Por exemplo, pode-se citar: possíveis tratamentos, tipos de vacinas com suas respectivas taxas de eficiência e eficácia, imunidade mediada por anticorpos, imunidade celular, tipos de exames que detectam o vírus (RT-PCR, Sorologia, teste de antígeno). Todos esses temas, de tanto já terem sido ampla e recorrentemente abordados pela mídia, promoveram tanto uma ampliação do debate, como o aumento de postagens nos canais de

divulgação com a proposta de reduzir ainda mais a lacuna entre a Ciência /Academia e a população que possui pouco ou nenhum conhecimento nessa área.

Como ver um indivíduo letrado cientificamente nessa realidade? O que é esperado dessa pessoa não é saber as especificidades da doença ou do vírus, mas sim entender a importância da vacina, do respeito ao calendário de imunização, da utilização contínua de máscaras e do respeito ao distanciamento social. Compreender a importância do tratamento baseado em evidências científicas ao ponto de questionar – a si próprio e aos veículos de comunicação – quando, por exemplo, a mídia apresenta um vídeo de uma médica sendo inquirida a respeito de um possível tratamento precoce para a doença que não existe comprovação por estudos e pesquisas clínicas acerca de sua eficácia.

Alcançar maiores e melhores índices de LC na população é um dos objetivos do EC com destaque na BNCC (BRASIL, 2018). E esse esforço visa um EC que possibilite aos alunos e futuros cidadãos não apenas “irem além da resolução de problemas científicos” de forma isolada, mas sim conjugar essas resoluções com a “tomada de decisões sociocientíficas” (HOLDBROOK; RANNIKMAE, 2009, p. 279), como as apresentadas no último parágrafo com relação a Covid-19. O fato de a Ciência estar em constante transformação traz um movimento ao conhecimento, nos coloca em constante aprendizado e nos remete a um pensamento de Paulo Freire (1996, p. 15):

Uma das bonitezas de nossa maneira de estar no mundo e com o mundo, como seres históricos, é a capacidade de, intervindo no mundo, conhecer o mundo. Mas, histórico como nós, o nosso conhecimento do mundo tem historicidade. Ao ser produzido, o conhecimento novo supera outro antes que foi novo e se fez velho e se "dispõe" a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos e aptos à produção do conhecimento ainda não existente.

E é nessa vertente que se encaixa o conhecimento científico. As demandas diárias da sociedade emergem provocando quebra de paradigmas, reformulações de conhecimentos anteriores e novos aprendizados, sejam eles disciplinares ou não. A dificuldade é que nem sempre tais informações, que chegam por meio dessas demandas diárias, se traduzem em conhecimentos. Logo, faz-se mister desenvolver habilidades que oportunizem aos alunos selecionarem e processarem notícias e informações de forma adequada. Tudo isso contribui para a expansão do raciocínio crítico e autonomia intelectual deles (GOMES; ALMEIDA, 2016) e, conseqüentemente, do seu LC.

Um ponto relevante é a forma que esse LC é avaliado na população, sob a forma de análises de larga escala, principalmente no que concerne ao EC. A forma utilizada no Brasil atualmente, como já citado, é o PISA – Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes – desenvolvido e coordenado internacionalmente pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O PISA ocorre a cada três anos e que engloba três áreas cognitivas – Ciências, Leitura e Matemática. No entanto, em cada ciclo, uma dessas áreas cognitivas é o foco da avaliação, porém ainda há uma parcela de itens avaliados nas outras áreas que são suficientes para que se permita uma comparação entre os anos de aplicação (INEP, 2022).

Para o PISA, o que é LC? De acordo com Leite e Bonamino (2021), a visão de LC que alicerça o PISA pode ser sinalizada na seguinte pergunta: “O que é importante que os jovens saibam, valorizem e sejam capazes de realizar em situações que envolvem ciência e tecnologia?”, ou seja para o PISA, o LC diz respeito desde a compreensão dos conceitos científicos, assim como sua aplicação e um pensamento com a perspectiva científica, apresentando condições de aplicar esses conhecimentos em sua vida no dia a dia.

Em trabalhos de pesquisa, algumas possibilidades já foram elencadas, como Serrão *et al.* (2016) que sugeriram a criação de um Índice de Letramento Científico (ILC) para avaliar habilidades científicas de jovens e adultos em situações cotidianas. Sasseron e Machado (2017, p.20) apresentaram alguns indicadores de AC para oportunizar ao docente avaliar, ao longo da prática, se a AC está em desenvolvimento entre os discentes.

Lima e Weber (2019), após levantamento bibliográfico em busca de formas de avaliar os níveis de LC em pequena escala, criaram níveis de Letramento Científico mediante a resolução de casos investigativos com questões sociocientíficas. Para a criação de tais níveis, os autores se basearam na definição de AC multidimensional de Bybee (1995). Assim, os brasileiros propuseram aos seus alunos a resolução de casos investigativos que abarcavam questões sociocientíficas. Importante ressaltar que, para os mesmos, casos investigativos são narrativas sobre indivíduos que enfrentam dilemas.

O trabalho com casos investigativos por Lima e Weber (2019) se deu uma vez que os autores intentavam observar a interação dos alunos com a Ciência de uma forma esperada para indivíduos letrados cientificamente. As etapas esperadas para a resolução das questões vão desde a observação, classificação, discussão do problema, aplicação de conhecimentos científicos (tanto

de forma escrita como de forma oral), argumentação até o julgamento dos resultados, confrontando-os com a literatura científica. A resolução apresentada pelos alunos serviu de base para a atribuição de níveis de LC, que foram construídos e alicerçados nos aspectos relacionados à AC multidimensional proposta por Bybee (1995).

Bybee (1995) propôs, no seu artigo “*Achieving Scientific Literacy*”, o que chamamos de “dimensões da Alfabetização Científica”. Tais dimensões, como já apontadas na presente tese, são: AC funcional, AC conceitual e procedimental e AC multidimensional. A opção de Lima e Weber (2019) fora utilizar a dimensão de AC multidimensional, em que Bybee esperava que os alunos possuíssem aptidão para observar as relações entre os elementos fornecidos como informação e a formulação de ideias e, assim, conseguissem transpô-las para o seu dia a dia, além de dimensionar o papel da Ciência e Tecnologia em sua vida e no mundo.

A utilização de um embasamento em AC para a criação dos níveis de LC utilizados em sua pesquisa foi justificada pelos autores em outro trabalho, publicado em um evento na área de educação (LIMA; WEBER, 2016). Nesse texto, os autores apontam a escassez de trabalhos que medem LC em pequena escala, ao passo que os que usam AC entendem sua definição como sinônima de LC.

Outra forma de avaliação de níveis de LC observada na literatura se dá mediante a produção textual, normalmente aplicada após a realização de algum modelo de aula ou projeto. Rodrigues (2010) aplicou os níveis de LC propostos por Bybee (1995) como ferramenta de análise das produções textuais. Em outro trabalho, foi observada a avaliação de indícios de LC (sem a utilização de níveis definidos) em análise de charges após a realização de um projeto (OLIVEIRA; SILVA; MATTOS, 2015). Lima e Weber (2019) sinalizaram que a problemática observada no modelo de análise do LC nas produções textuais é que o cerne desta jaz na aquisição da linguagem científica, que é muito mais campo de avaliação da AC.

Majoritariamente, os trabalhos citados – dentre eles o PISA – buscam acessar a capacidade de aplicação dos conhecimentos científicos na sociedade e, para tal, é importante que, principalmente na sala de aula de Ciências, o docente faça o acompanhamento das práticas pedagógicas, observando de perto as construções dos seus alunos. Trabalhar com questões-problemas a serem respondidas com a utilização do OLATCG foi a forma escolhida na presente pesquisa para observar se o LC estava sendo promovido com relação ao ensino de Genética. Como indicadores, a escolha se deu pelos níveis de LC de Lima e Weber (2019). A avaliação em um único evento é sempre desafiadora e cheia de limitações (RODRIGUES, 2010), porém é necessária para a avaliação da prática docente.

CAPÍTULO V
PERCURSO
METODOLÓGICO

5.1. Caracterização da pesquisa

Este estudo é de caráter descritivo com abordagem qualitativa. A pesquisa qualitativa, quando usada nas pesquisas de ensino, visa a produção de conhecimento ou a concepção de uma teoria sobre a realidade educativa (MOREIRA; MASSONI, 2017, p.126). Outrossim, pesquisas com esse tipo de abordagem denotam uma flexibilidade no que tange à construção e modificação de hipóteses, além de procurarem compreender as nuances que ocorrem nos processos comunicativos, comportamentais e das relações sociais que se processam na realidade da educação (CHARMAZ, 2009). A pesquisa qualitativa ressalta mais o processo que o produto. Pode-se até partir de uma hipótese inicial, porém seu foco não é testar hipótese, mas sim oportunizar, diante dessa premissa inicial, o surgimento de novos questionamentos (MOREIRA; MASSONI, 2017 p. 142)

5.2. Contexto da Pesquisa

O contexto de estudo é a Fundação Osório (FO) instituição de ensino vinculada ao Comando do Exército pela Lei 9026 de abril de 1995 e que fora criada para educar as filhas órfãs de militares de mar e terra falecidos na guerra do Paraguai, a exemplo do Colégio Militar do Rio de Janeiro, que era destinado a educação dos filhos desses militares. A FO está localizada no bairro do Rio Comprido, um ponto central do Rio de Janeiro, distante apenas 2,6 km da prefeitura da cidade (figura 3) e na subida da favela do Turano. A instituição conta atualmente com 950 alunos divididos em três segmentos: ensino fundamental I, ensino fundamental II e Ensino Médio técnico (em Administração e Meio Ambiente).

O mecanismo de admissão na escola é por sorteio no primeiro ano do fundamental I. Seu edital dispõe que, prioritariamente, 50% das vagas sejam destinadas ao público em geral e os outros 50% das vagas aos amparados pelo estatuto da FO, bem como de órgãos conveniados. Em caso de vagas remanescentes, elas serão distribuídas de acordo com uma ordem de prioridade, que vai desde órfãos de militares das forças armadas à dependentes de militares indicados por órgãos de apoio, além de dependentes de civis em geral.

O Ensino Médio técnico integrado apresenta, em sua grade curricular semanal, três aulas de Biologia e uma ementa (tabela 1) bem extensa para ser cumprida ao longo dos três anos do

Ensino Médio. A escola, no tocante à infraestrutura, possui um laboratório de Ciências utilizado por todos os professores da área dos diversos segmentos, sempre mediante agendamento. A Fundação também possui dois laboratórios de informática e duas salas multimídia com projetores instalados no prédio do Ensino Médio. Mesmo com esses suportes e pertencente à rede federal de ensino do Rio de Janeiro, a escola também sofre com problemas de recursos, como, por exemplo, a existência de 15 microscópios, porém todos com defeito, além de computadores dos laboratórios de informática que demandam atenção quanto à atualização dos *softwares*.

Figura 3 – Localização Geográfica da Fundação Osório.



Fonte: Autora

Tabela 1 – Ementa do curso de Biologia da Fundação Osório.

ANO ESCOLAR	UNIDADES DIDÁTICAS	AULAS PREVISTAS
1º ano	➤ Introdução à Biologia	12
	➤ Citologia*	36
	➤ Biologia do desenvolvimento	13
	➤ Histologia Animal	19
2º. Ano	➤ Sistemática	05
	➤ Vírus, Monera, Protoctista e Fungos	12
	➤ Plantas	23
	➤ Animais	23
3º ano	➤ Fisiologia e Sistemas Humanos	23
	➤ Nivelamento (resgate de conceitos de ácidos nucleicos, núcleo celular e processos de divisão celular e seus fenômenos)	07
	➤ Genética	39
	➤ Evolução	21
	➤ Ecologia	19

Fonte: Plano de Disciplinas (PLADIS) da Fundação Osório (ano:2020).

*Dentro da Unidade Temática “Citologia”, são abordados, além de outros pontos: Núcleo celular, divisão celular, síntese de proteínas e mutação gênica.

5.3. Participantes da Pesquisa

A pesquisa foi realizada com 62 alunos, distribuídos em duas turmas de Ensino Médio – primeiro ano e terceiro ano do Ensino Médio – com idade variando de 14 a 18 anos, todos regularmente matriculados no colégio, somente após concordância com a participação na pesquisa e assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e assinatura dos responsáveis do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A seleção da amostra de conveniência se deu pela inclusão de todos os alunos das duas turmas e a escolha pelos referidos anos se deu mediante análise da grade curricular do colégio, que segue o modelo mais adotado pelos livros, com o conteúdo de “**Núcleo e Cromossomos**” no primeiro ano e “**Genética**” no terceiro ano.

A Fundação Osório possui quatro turmas de primeiro ano de ensino médio e três turmas de terceiro ano do ensino médio, no momento da coleta de dados todas as turmas estavam tendo aulas online por meio do Google Meet® devido à pandemia de Covid-19. O questionário foi aplicado em todas as turmas ao mesmo tempo e como item de preenchimento obrigatório estava a turma a qual o aluno pertencia. A decisão de qual turma pertenceria ao estudo foi tomada pelas professoras regentes em momento anterior ao da aplicação do questionário. Durante a análise dos dados, foi aplicado o “filtro de seleção” para a análise somente das duas turmas a serem estudadas e os dados das restantes foram excluídos da análise.

A intervenção, que estava prevista para ocorrer entre março e maio de 2020 no modelo presencial, foi impossibilitada devido ao cenário pandêmico, tendo sido completamente reestruturada no segundo semestre de 2020. Com o início do ano escolar de 2021 ainda no modelo com o ambiente virtual de aprendizagem (AVA) e aulas remotas por meio da plataforma Google® Meet®, as professoras regentes pediram adiamento da prática, uma vez que, a pedido da escola, o primeiro bimestre inteiro seria utilizado para revisão dos conteúdos de 2020. A prática (primeiro momento, de aplicação do questionário) fora então realizada em junho de 2021.

5.4. Instrumentos de coleta de dados

5.4.1. Questionário

Com relação aos conceitos de Genética e aos recursos tecnológicos, um questionário semiestruturado (COSTA, 2014) – inicialmente físico – ou seja, de papel, foi elaborado contendo dezoito perguntas, das quais treze fechadas e cinco abertas. Como forma de adaptação do presente trabalho à realidade da pandemia de Covid-19, o questionário fora adaptado para o Google® Forms®, mas mantendo a estrutura similar ao modelo impresso.

O questionário elaborado pela autora do presente estudo (APÊNDICE 5) foi previamente validado por 15 alunos do primeiro ano do Ensino Médio pertencentes a uma turma que não participaria do estudo. O tempo determinado para resposta foi de até uma hora. A etapa de validação tencionou avaliar a formulação das questões e se alguma delas suscitava qualquer dúvida que comprometesse seu entendimento.

A ferramenta de captura de dados foi disposta de modo que em seu cabeçalho constasse uma breve descrição da pesquisa e seus respectivos objetivos, com ressalva para o sigilo das respostas. As sete primeiras perguntas eram fechadas e visaram traçar um perfil socioeconômico e comportamental dos alunos, visto que, de acordo com a faixa de renda, subentende-se que o aluno tenha maior acesso às tecnologias e seus recursos, assim como os hábitos do aluno no quesito utilização de tais recursos. Isso poderia nos dizer se este é um aluno com maior pré-disposição a aprender mediante o uso rotineiro de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

As outras perguntas tiveram como objetivo delinear as metodologias que os docentes utilizam nas aulas de Biologia das referidas turmas e avaliar os conhecimentos dos alunos sobre Genética, incluindo a vinculação do ensino de Genética a Informática como recurso educacional.

5.5. Análise dos dados

Para análise e interpretação dos dados foi utilizado o método qualitativo e, em algumas perguntas, a descrição de valores, bem como a apresentação de percentuais ao longo do texto ou, ainda, na forma de gráficos. No método qualitativo, a análise adotada foi a Tematização

(FONTOURA, 2011). A pesquisa qualitativa foi escolhida pois valoriza a dinâmica de interação do sujeito com o mundo que o cerca, aproxima o pesquisador da situação e dos sujeitos a serem pesquisados (LÜDKE; ANDRÉ, 2013).

Fontoura (2011, p. 71) expõe, em etapas, a forma de organizar as informações coletadas na pesquisa, etapas essas que serão utilizadas as análises das questões abertas desse estudo. São elas:

1. Leitura atenta de todo o material;
2. Demarcação do que será considerado importante, delimitação do corpus de análise iniciando pelo recorte das unidades de registro, que podem ser palavras, frases, ideias;
3. Levantamento dos temas a partir do agrupamento das unidades de registro e do que se quer evidenciar na pesquisa;
4. Definição das unidades de contexto - trechos mais longos e apresentados conforme aparecem no texto, tendo como objetivo justificar a escolha do tema e auxiliar na compreensão deles;
5. Separação das unidades de contexto;
6. Interpretação dos dados à luz dos referenciais teóricos.

5.6. Plataforma OLATCG

OLATCG é uma plataforma criada pela autora dessa tese em colaboração com um aluno de Ciências da Computação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (responsável por toda a programação da mesma) e com a Dra. Amanda Perse, virologista molecular, pesquisadora de Biomanguihos (Fundação Oswaldo Cruz – RJ) e professora de Biologia da Educação Básica da rede estadual do Rio de Janeiro. Após a realização dos primeiros testes de funcionalidade da plataforma, e com o objetivo de aprimoramento das ferramentas disponibilizadas, incluímos no grupo dois docentes do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ, campus Maracanã): a professora Dra. Kele Teixeira Belloze, especialista em Bioninformática, e o professor Dr. Guilherme Inocência Matos, professor de Biologia com experiência em ferramentas de Bioinformática.

O objetivo de criação do OLATCG foi alicerçar a estratégia didática da presente tese. Sua finalidade é apresentar conceitos de Bioinformática para alunos do Ensino Médio e prover, para estes, a capacidade analítica e conhecimentos suficientes para a resolução e/ou interpretação das questões-problemas dessa tese e, no futuro, de problemas relacionados à área de Bioinformática trabalhados dentro de um escopo educacional nas aulas de Biologia.

A aplicação WEB possui um conjunto de ferramentas que se relacionam didaticamente e que o aluno pode aprender sobre os conceitos que serão abordados na interação em sala de aula. O objetivo central era que os alunos conseguissem, por meio de uma interface de fácil uso, aprender na prática os processos de desenvolvimento para a criação de hipóteses em Bioinformática.

5.6.1. Motivação para o desenvolvimento

A motivação inicial de criamos a plataforma foi a reestruturação da presente tese, devido à pandemia. Uma vez que a estratégia didática seria realizada nos laboratórios de Informática da escola, ao ter que transpor a prática para o modelo remoto, não poderíamos pressupor que eles teriam como instalar os softwares necessários para sua realização. Outro ponto fundamental a ser destacado nessa motivação do desenvolvimento de um site foi a democratização do uso das ferramentas computacionais.

Um grande empecilho para que os alunos do Ensino Médio possam aprender por meio de estratégias de aprendizagem baseadas na resolução de problemas com relação à Bioinformática se dá por conta da necessidade de capacidade de processamento computacional e de conhecimento prévio em Tecnologia da Informação para a realização da pré-configuração necessária para a utilização das ferramentas disponíveis na academia. Por meio de uma interface WEB, essas duas questões são sanadas com base em dois temas principais: hospedagem e abstração de processos.

São apresentados abaixo, juntamente com suas soluções, alguns exemplos de problemas que podem ser citados e que seriam enfrentados pelos alunos no caso da ausência de uma plataforma de ensino, e onde as ferramentas podem ser utilizadas de forma interativa:

- A. Necessidade da instalação de uma máquina virtual ou Subsistemas Linux para Windows: foi desenvolvida uma aplicação responsável pela comunicação com as ferramentas, direcionando toda a interação com o pacote de análise para o lado do servidor;
- B. O conhecimento de comandos Linux para a execução dos processos: a aplicação possui ferramentas responsáveis por “traduzir” as requisições realizadas pelo usuário em uma interface mais amigável. Uma série de modelos pré-configurados são solicitados pela aplicação quando requisitados pelo cliente.
- C. Falta de familiaridade com as visualizações: a interface possui formulários para a apresentação de cada experimento disponível, além de disponibilizar um tutorial em vídeo.
- D. Domínio da língua inglesa: o OLATCG foi desenvolvido todo em língua portuguesa.

Ao disponibilizar o site por meio de uma hospedagem on-line, a questão referente ao processamento é terceirizada – o aluno não mais é o responsável por executar as interações localmente. Todas as requisições necessárias para a obtenção de dados são realizadas por meio da utilização de uma API (*Application Programming Interface* – Interface de Programação da Aplicação, em tradução livre) desenvolvida para fins didáticos, que utiliza o processamento de um provedor de serviço de hospedagem – uma plataforma em nuvem responsável por oferecer serviços a uma rede de clientes. Assim, o processamento das informações no pipeline (técnica de implementação de processadores que possibilita a sobreposição temporal das diversas fases de execução das instruções) planejado para a interação com os alunos fica a cargo do serviço oferecido nesse processo, podendo ser calculado e planejado conforme a quantidade de usuários.

5.6.2. Requisitos Técnicos

O site é dividido de forma modular em duas estruturas: *frontend* e *backend*. Por *frontend* se entende o módulo de apresentação, onde estão disponíveis os elementos gráficos do site que serão interpretados pelo *browser*, ao passo que *backend* é o módulo de processamento que receberá os dados enviados pelo cliente por meio da interface. O *frontend* foi desenvolvido utilizando a biblioteca JavaScript® React (2021) para construção de interfaces de usuário React e alguns

elementos visuais do *framework* CSS *Materializecss* (2021), que se baseia nos conceitos do Material Design[®], tendo sido criado e desenvolvido pelo Google[®] com vistas à portabilidade em diversos dispositivos diferentes.

O *backend* fora desenvolvido utilizando a Linguagem de Programação *Python* e o *microframework Flask* (2021) para tratar da conexão por meio de uma API e da comunicação do cliente com a camada de modelo, onde a lógica por trás das ferramentas são executadas por intervenção de *endpoints* e requisições HTTP (Protocolo de Transferência de Hipertexto). No *backend* também está presente um modelo de banco de dados, esquema criado utilizando SQLite3 (2021), em que são armazenados dados das interações com o usuário.

Além disso, ambos, *frontend* e *backend*, utilizam bibliotecas específicas em certas interações para a apresentação e processamento de informações visuais e biológicas. Com relação ao módulo de apresentação e para a exibição de Árvores Filogenéticas, é utilizada a ferramenta *Phylocanvas*, que é mantida pelo *Centre for Genomic Pathogen Surveillance* (2021). Na API, os modelos foram construídos utilizando-se o pacote *Python ScikitBio* (2021) de código aberto e licenciado pela BSD (*Berkeley Software Distribution*), que fornece estruturas de dados, algoritmos e recursos educacionais para bioinformática. As árvores filogenéticas no OLATCG são construídas após a realização da busca homóloga ao clicar em um botão específico.

O OLATCG foi disponibilizado em código aberto no *GitHub* (2021), uma plataforma de hospedagem de códigos-fonte e arquivos que usa o sistema de versionamento GIT e seu *deploy* (quando a aplicação foi disponibilizada para o uso) foi realizado utilizando *Heroku*, uma plataforma em nuvem como um serviço que suporta várias linguagens de programação (2021). O repositório no *GitHub* está dividido em três *branches* (ramificações): *master*, *main-backend* e *main-frontend*. As *branches main-backend* e *main-frontend* contém o código utilizado no *frontend* e no *backend*.

5.6.3. Navegando no OLATCG

O OLATCG contém uma página inicial de apresentação das principais abordagens, já mencionadas, utilizadas no aprendizado (figura 4). Nessa página é possível navegar para uma tela de conteúdos escritos sobre uma breve introdução à Bioinformática e conceitos-chave para a aprendizagem durante as interações e/ou para a tela de ferramentas, onde é apresentada uma série

de *cards* com um breve resumo da ferramenta, bem como um botão que redireciona o usuário para a tela da ferramenta em si. Além disso, por meio da página inicial é possível acessar a *Fila de Processamento*, local onde ficam todos os resultados das interações com as ferramentas realizadas pelos alunos. As telas citadas acima podem ser acessadas via barra de navegação.

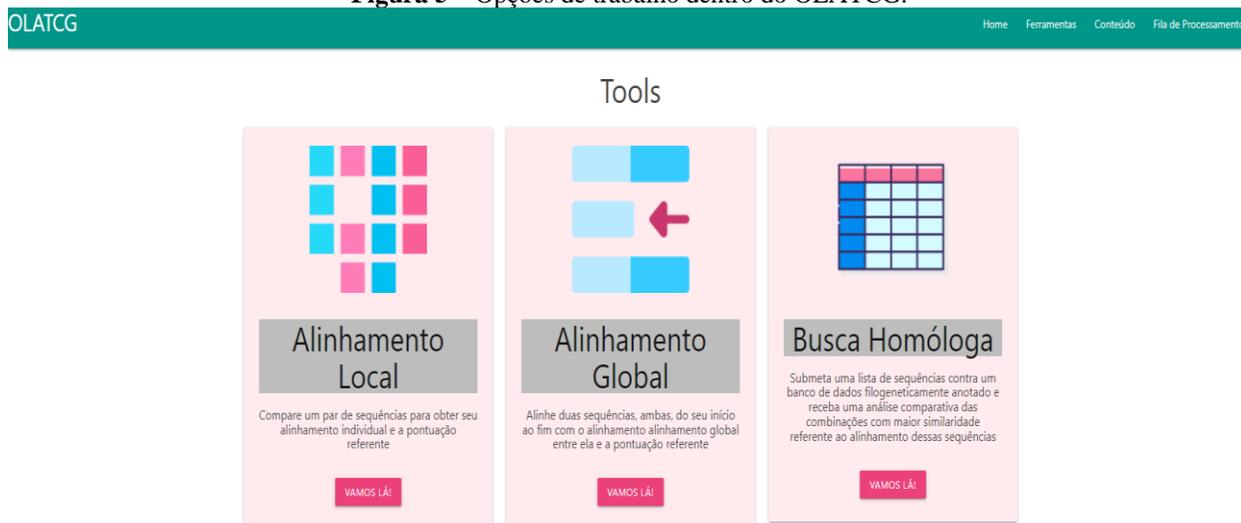
Figura 4 – Tela de apresentação do OLATCG.



Fonte: Autora

A tela de ferramentas possibilita ao aluno escolher a ferramenta que ele deseja utilizar, bem como contém uma breve explicação sobre o objetivo de cada uma delas.

Figura 5 – Opções de trabalho dentro do OLATCG.



Fonte: Autora

Na Fila de Processamento, o usuário pode verificar o resultado dos processos gerados por meio da utilização das ferramentas. Ao realizar qualquer procedimento utilizando as ferramentas, ao final, é indicado um id (número identificador) na tela. Este id é adicionado à tela de Fila de Processamento, onde os resultados podem ser visualizados.

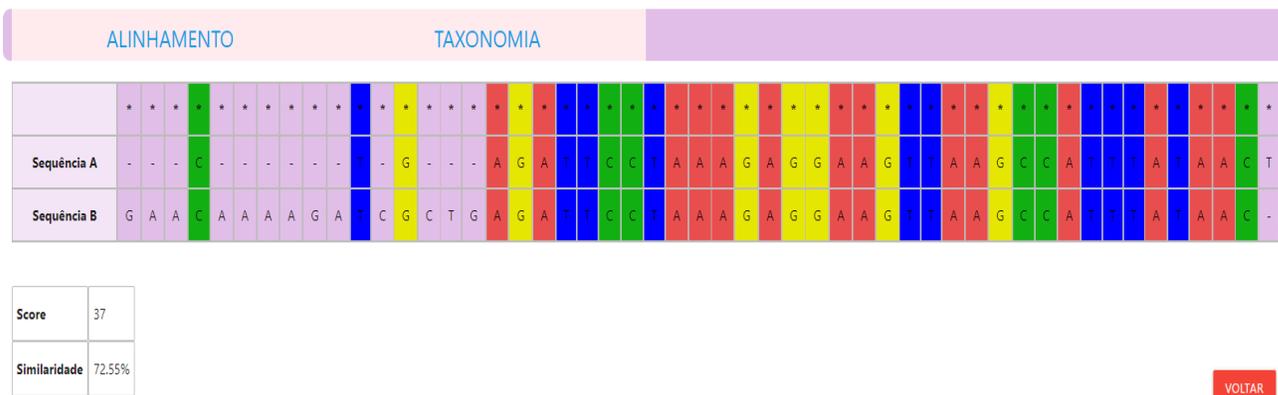
Figura 6 – Tela da Fila de Processamento dentro do OLATCG.

ALINHAMENTO		TAXONOMIA	
Id	Tipo	Ações	
91	GLOBAL	VEJA O RESULTADO	
87	GLOBAL	VEJA O RESULTADO	
83	LOCAL	VEJA O RESULTADO	
79	LOCAL	VEJA O RESULTADO	
7	LOCAL	VEJA O RESULTADO	
3	LOCAL	VEJA O RESULTADO	

Fonte: Autora

Os resultados são acessados na Fila de Processamento. Quando este é oriundo de alinhamento (figura 7), as bases nitrogenadas aparecem coloridas para auxiliar a visualização dos *matches* e *mismatches*. O modelo utilizado por cores segue o padrão do Mega[®] – *Molecular Evolutionary Genetics Analysis*. o MEGA[®] é um Software projetado para análise comparativa de sequências de genes homólogos de famílias multigênicas ou de diferentes espécies, com destaque para a inferência de relações evolutivas e padrões de DNA e evolução de proteínas (KUMAR *et al*, 2008). Os resultados da busca homóloga (figura 8) retornam uma tabela que mostra as sequências alinhadas, a similaridade, a taxonomia e o *link* para acesso à mesma no NCBI. E, por fim, os resultados da ferramenta de árvore filogenética, que são geradas a partir de um arquivo da busca homóloga (figura 9).

Figura 7 – Visualização da tela de resultados de alinhamento do OLATCG.



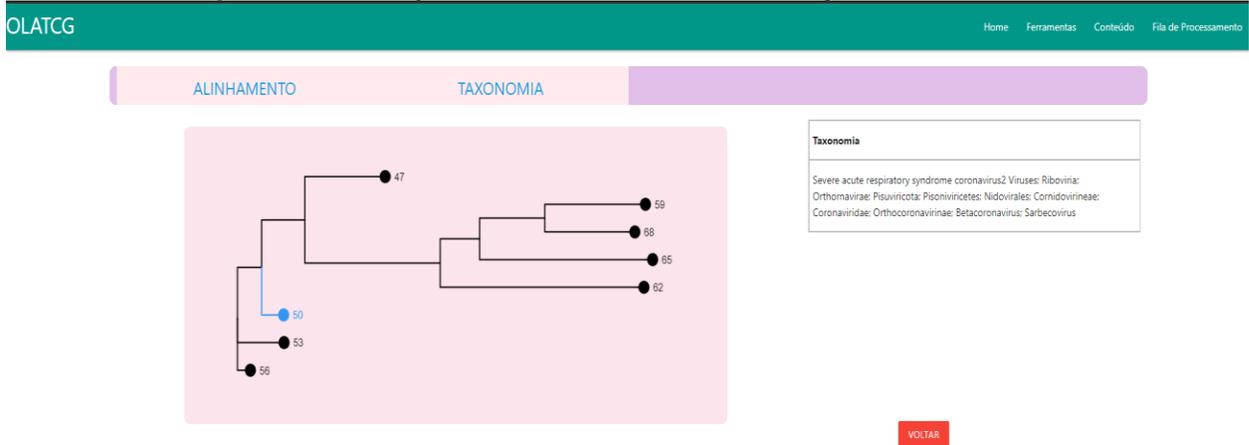
Fonte: Autora

Figura 8 – Visualização da tela de resultados da busca homóloga do OLATCG.



Fonte: Autora

Figura 9 – Visualização da tela de resultados de árvore filogenética do OLATCG.



Fonte: Autora

5.7. Desenvolvimento e Validação da Estratégia Didática

Foi desenvolvida uma estratégia didática utilizando a aprendizagem colaborativa com suporte computacional (CSCL), sigla traduzida do inglês “*Computer-supported collaborative learning*”, um ramo emergente da ciência da aprendizagem que estuda como as pessoas podem aprender em grupo com a ajuda de um computador (STAHL, 2015). Como a estratégia foi remodelada para o ensino remoto, a utilização da CSCL acabou sendo facilitada.

A aprendizagem colaborativa pode ser definida como uma situação de aprendizagem na qual duas ou mais pessoas aprendem ou buscam aprender juntas (DILLENBOURG, 1999). O mesmo autor aponta que o conceito pode ser entendido de múltiplas formas, visto que o número de sujeitos participantes pode variar de duas a milhares de pessoas, da mesma forma que o conceito dado de aprendizagem é bem amplo, visto que pode abarcar desde o acompanhamento de um curso até a participação em atividades, como, por exemplo, a “resolução de problemas”. O autor também pontua que esse aprendizado pode ocorrer em situações de aprendizagem presenciais ou virtuais, síncronas ou assíncronas, no empenho do grupo inteiro ou na divisão de tarefas. Nessa perspectiva, a aprendizagem colaborativa pode se manifestar em múltiplas concepções, o que leva a dinâmicas e resultados de aprendizagem distintos de acordo com o contexto em que a atividade fora desenvolvida (TORRES; IRALA, 2014).

A estratégia didática delineada nos moldes do Ensino por Investigação foi dividida em doze aulas (quadro 4): oito delas para o desenvolvimento da prática, duas para retirada de dúvidas pelos alunos caso eles houvessem apresentado dificuldades com alguns dos *softwares* necessários para a realização das análises da sua questão-problema, e as duas finais para a apresentação dos alunos do caminho de pesquisa escolhido por eles para responder as questões problema apresentadas.

Quadro 3 – Estruturação da Estratégia Didática.

ETAPA	ATIVIDADE	NÚMERO DE AULAS (50 MINUTOS CADA)
1	Parte Teórica: Histórico de conceitos de Biologia Molecular (DNA, RNA, Transcrição, Tradução e PGH) & Introdução à Bioinformática. Parte Prática: Ferramenta de identificação de Start/Stop códon (ORFfinder) & Ferramenta de análise estrutural de proteínas (Swiss model).	2
2	Parte Teórica: Mutação e seus diversos tipos & alinhamento de sequências. Parte Prática: Ferramenta- OLATCG .	2
3	Parte Teórica: Filogenia Molecular rápida e prática, apresentação de diferentes bancos de dados de sequência com foco no GenBank (NCBI) & busca por homologia; Parte Prática: Entregar as sequências a serem trabalhadas e tempo para a exploração das ferramentas apresentadas. Ferramenta: NCBI & OLATCG .	2
4	Parte Prática: Árvores Filogenéticas Ferramenta: OLATCG .	2
5	Aulas de Dúvidas: Momento reservado para os alunos tirarem dúvidas sobre o funcionamento dos softwares que implicassem no desenvolvimento da pesquisa	2
6	Apresentação dos resultados e das respostas das questões-problema apresentadas.	2

Fonte: Autora

As aulas teóricas e práticas descritas no quadro 4 apresentam a sequência que fora realizada com os alunos para que eles compreendessem as ferramentas de Bioinformática e pudessem testá-las. Ao longo das aulas – ou após todos esses momentos – os alunos, divididos em grupos, buscaram trabalhar com a sua questão problema – entregue no primeiro dia de desenvolvimento da estratégia didática. Cada questão problema foi pensada para que os grupos promovessem debates entre si em busca do melhor caminho metodológico a ser seguido na resolução do problema (tabela 2). Devido ao tamanho das questões-problema, o texto completo delas foi disponibilizado no apêndice 5.

Tabela 2 – Divisão dos grupos e das questões problema

GRUPO	QUESTÃO PROBLEMA
1	Problema 1: “2dias-48h= genoma do Sars-Cov2 Sequenciado por equipe brasileira”
2	Problema 2: “Similares ou nem tanto?”
3	Problema 3: “Cada táxon no seu lugar”

Fonte: Autora

Todas as sequências, bem como os tópicos pensados para os alunos usarem as ferramentas de Bioinformática, retrataram o momento atual da história mundial – a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2, causador da Covid-19. Isso fora usado como forma de contextualização e de compreensão da relação do ensino de Biologia e – mais especificamente – da Genética com vistas à contribuição para um melhor entendimento da dinâmica de circulação do vírus e sua disseminação.

Estudar as sequências de genomas completos do SARS-CoV-2 foi e continua sendo fundamental para o desenvolvimento de vacinas e de testes de diagnóstico. Ademais, a compreensão desses dados é de suma importância para que os alunos conseguissem entender como ocorreu a dispersão do vírus, além do entendimento das mutações ocorridas no vírus desde a cepa detectada na cidade chinesa de Wuhan, epicentro do surto.

5.7.1. Validação da Estratégia Didática

A presente estratégia didática foi validada por alunos do ensino médio. Como apontam Junior e Matsuda (2012), pode-se classificar um instrumento como validado quando tanto sua construção quanto sua utilidade proporcionarem a mensuração fiel do que se objetiva estudar. Para tal, selecionamos um grupo de nove alunas de outra unidade escolar da rede pública federal do Rio de Janeiro – CEFET-RJ/Campus Maracanã – para validarem a estratégia didática da presente tese. As alunas foram selecionadas por fazerem parte de um projeto de extensão interinstitucional (Fundação Osório e CEFET) e por não fazerem parte do grupo de alunos matriculados no contexto escolar que está sendo pesquisado nesse trabalho. O modelo de ensino remoto inviabilizou a

realização da etapa de validação na Fundação Osório (contexto do estudo), uma vez que todas as turmas estudadas na presente pesquisa tinham aula ao mesmo tempo.

Esta etapa consistiu na apresentação da proposta às alunas, todas do ensino médio e pertencentes aos anos de escolaridade que estão sendo estudados. As discentes foram convidadas a avaliar a estratégia com foco na exequibilidade, na usabilidade e na amigabilidade do OLATCG e das outras ferramentas apresentadas ao longo do desenvolvimento da estratégia, bem como na interpretação e entendimento dos comandos das questões-problema envolvidas e, se a utilização dessa estratégia auxiliaria no aprendizado de Genética.

Mantendo a proposta da tese de uma aprendizagem colaborativa, as alunas foram divididas em três grupos (I, II e III) e cada um desses grupos analisou conjuntamente uma das questões-problema da pesquisa (questões 1, 2 e 3, respectivamente).

Além dos momentos síncronos pelo Google[®] Meet[®], também foi criado um grupo de WhatsApp[®] para cada grupo, além de outro que abarcasse todas as alunas, para a retirada de dúvidas e debate entre elas na construção de suas análises.

5.8. Análise dos resultados da utilização da bioinformática para a formação de um indivíduo letrado cientificamente

Avaliar os níveis de LC de um aluno após a realização de uma prática docente, como já sinalizado no texto, é deveras desafiador. Porém, nossa escolha se deu pelo alinhamento da metodologia desenvolvida por Lima e Weber (2019). A análise se deu apenas nas duas aulas finais do desenvolvimento da estratégia didática, na etapa de validação da mesma, momento em que os três grupos realizaram uma apresentação oral com a resolução da questão problema designada a eles.

Para a análise das apresentações e classificação dos níveis de LC, foram utilizados os seguintes indicadores e seus respectivos critérios (Tabela 3): **(1) percepção da ciência e da tecnologia no seu cotidiano, (2) trabalho com informações científicas, (3) resolução de problemas, (4) linguagem científica e (5) argumento.** De acordo com Lima e Weber (2019), os indicadores são como atributos e qualidades desse indivíduo letrado cientificamente, que

possibilitam que ele atenda as demandas da vida de uma maneira social e crítica com a Ciência em si e com a ideia da Ciência.

Quadro 4 – Critérios aplicados para a classificação dos indicadores de LC.

Indicador	Critério
1. Percepção da Ciência e da Tecnologia no Cotidiano	Menção a fatos relacionados ao caso que ocorriam no seu dia a dia; menção a produtos e marcas em que estão presentes os compostos; classificação dessas relações em explícitas ou implícitas.
2. Trabalho com Informações Científicas	Classificação das informações em científicas ou não-científicas e verificação da coerência delas com o caso; verificação da ordem expositiva, se favorecia a didática; verificação das referências.
3. Resolução de Problemas	Classificação da solução em generalizada ou científica; verificação de levantamento de hipóteses; observação da metodologia utilizada na resolução.
4. Linguagem Científica	Procura por: nominalizações, termos pertinentes, erros ortográficos, gramaticais e conceituais; classificação do tipo de linguagem e da sequência textual utilizada.
5. Argumentação	Verificação da presença de elementos do <i>Toulmin's Argument Pattern</i> – TAP (Toulmin, 2006); adequação na escala argumentativa de Driver, Newton e Osborne (2000).

Fonte: LIMA; WEBER (2019, p.74)

Seguindo o modelo dos autores, cada um desses cinco indicadores foi dividido em quatro níveis de LC, ao que Lima e Weber (2019) classificaram como NLC. A figura 10 apresenta a distribuição dos NLC dentro dos indicadores apresentados na tabela 3 da mesma forma que as habilidades esperadas para cada um desses níveis. Quanto menor o NLC, mais simples são as habilidades e os conhecimentos científicos usados na resolução das questões-problema. De igual modo, quanto maior o NLC, mais complexas essas habilidades e conhecimentos científicos apresentados.

Figura 10 – Caracterização dos Níveis de LC em cada indicador

Níveis de Letramento Científico	Indicador 1 – Percepção da Ciência e Tecnologia no Cotidiano	Indicador 2 – Trabalho com Informações Científicas	Indicador 3 – Resolução de Problemas
	4	Percepções de relações explícitas e implícitas, e da beleza do debate científico, mas não busca a ciência necessariamente.	Organização e hierarquização das informações conhecendo as variáveis envolvidas.
3	Percepção de relações implícitas, além das relações explícitas.	Organização e hierarquização das informações, utilizando fatores além do científico, por exemplo, a ordem cronológica.	Solução baseada em hipóteses testadas. Resolução do problema com uso do raciocínio científico e raciocínio proporcional.
2	Percepção apenas de relações explícitas.	Utiliza dados científicos de forma aleatória, sem enxergar relações entre eles.	Solução generalizada. Resolução do problema com uso do raciocínio lógico, podendo ocorrer o levantamento de hipóteses, mas sem conseguir testá-las.
1	Difícilmente enxerga a ciência no seu cotidiano, mesmo de forma explícita.	Utiliza poucas informações necessariamente científicas, priorizando fatos do senso comum	Solução sem base em informações Científicas. Resolução do problema por tentativa e erro.

Níveis de Letramento Científico	Indicador 4 - Linguagem Científica	Indicador 5 - Argumento
	4	Adequação da linguagem científica apurada a diversas situações, correta e coerentemente.
3	Possui uma linguagem científica suficiente e adequada para se expressar em diversas situações	Afirmação competente com justificativa e qualificadores, ou resposta a um refutador, estruturada em CDGQ, CDGA, CDGQA ou CGDR.
2	Domínio básico da linguagem científica.	Informação que compete com Justificativa, estruturada em CGD.
1	Linguagem familiarizada com temáticas do cotidiano.	Informação isolada, ou afirmação que compete, mas sem justificativa. O dado se transforma com dificuldade. ou não se transforma em conclusão.

Fonte: LIMA; WEBER, 2019, p.73

Desse modo, a análise se deu pela apresentação oral dos grupos do caminho metodológico criado por eles para chegar até a resposta das suas questões-problema. Toda as três apresentações ocorreram de forma síncrona (Google[®] Meet[®]), foram gravadas e tiveram os minutos transcritos e analisados. A pesquisa ocorreu de acordo com os critérios da tabela 3, que subsidiou a atribuição dos NLC em cada indicador analisado. Por se tratar de análise de apresentação oral, o indicador 4 – “linguagem científica” não foi avaliado. Como o intuito da presente tese foi a resolução dos problemas por meio da aprendizagem colaborativa, supomos que todos os integrantes do grupo contribuíram na resolução das questões. Dessa forma, assim como Lima e Weber (2019), atribuímos o NLC do grupo, que se refere à moda estatística amostral indicada para os NLC, ou seja, o valor que aparece com maior frequência dentre os grupos do estudo para cada indicador observado. A moda amostral evidencia a tendência geral do NLC em que estarão os sujeitos da pesquisa em cada um dos indicadores analisados.

5.9. Considerações éticas e síntese do delineamento da pesquisa

Para a realização da presente pesquisa, foi solicitada autorização da direção da Fundação Osório, na figura do seu vice-presidente (APÊNDICE 1). Contudo, isso só ocorreu após a apresentação do projeto aos coordenadores de área. Este, por sua vez, foi apresentado ao grupo de estudo da tese – os alunos da Fundação – e os mesmos, quando maiores de 18 anos, assinaram o TCLE (APÊNDICE 2). Caso fossem menores de idade, após a concordância dos mesmos, tiveram o supramencionado termo assinado por seu responsável (APÊNDICE 3), além de assinarem o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido – TALE (APÊNDICE 4). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Oswaldo Cruz (IOC) da Fundação Oswaldo Cruz e protocolado com a identificação CAAE: 29017320.0.0000.5248, número do parecer: 3.970.858 (ANEXO 1).

A pesquisa, em conjunto com todos os objetivos dela, foi apresentada aos alunos participantes antes da entrega do TCLE, do mesmo modo que eles foram informados da possibilidade de desistirem a qualquer tempo, sem prejuízos de qualquer ordem. Esse evento seria realizado em abril de 2020, após a aprovação do Comitê de Ética. Contudo, foi impossibilitado devido à interrupção das aulas por precaução de infecção pela Covid-19. Com isso, a apresentação só ocorreu em 2021, de forma remota, por meio da ferramenta Google[®] Forms[®].

O estudo foi dividido em seis momentos, como demonstrado no quadro 3: o primeiro foi a criação de uma plataforma online denominada OLATCG, que abriga alguns recursos bioinformáticos necessários ao desenvolvimento da estratégia didática com os alunos. O segundo momento se deu com a apresentação da pesquisa e identificação da concepção dos estudantes (atores do estudo) em relação aos conceitos de Genética e aos recursos tecnológicos. No chamado “Momento 3” fora realizada a análise dessas concepções mediante a metodologia da Tematização de Fontoura (2011).

Após a análise da concepção dos alunos, no “Momento 4” foi desenvolvida uma estratégia didática alicerçada em recursos de Bioinformática, com o objetivo de contribuir para um melhor entendimento de Genética em turmas de ensino médio. O “Momento 5” consistiu na etapa de validação da funcionalidade, tanto da plataforma OLATCG quanto da estratégia didática que foi utilizada na pesquisa. Assim, esse quinto momento deu-se com a aplicação de uma atividade-teste

composta por três questões problema – apresentadas no item 5.7 da metodologia juntamente com a estratégia didática desenvolvida. Essa atividade foi aplicada com nove alunas, divididas entre 1º e 3º anos de turmas não pertencentes ao estudo e matriculadas em outra unidade escolar (CEFET/RJ – Campus Maracanã).

O último momento – o sexto – consistiu na análise da apresentação oral dos alunos, com o caminho de pesquisa feito por eles para responderem à questão problema proposta no início da estratégia didática. Para as respostas dos três grupos foram analisados níveis de Letramento Científico – NLC – propostos por Lima e Weber (2019). Todas as etapas tiveram seus resultados apresentados e eles foram discutidos com base no referencial teórico utilizado no presente trabalho.

Quadro 5 - Resumo do delineamento metodológico.

MOMENTO	OBJETIVOS	INSTRUMENTOS	ETAPAS
MOMENTO 1	Criar uma Plataforma virtual com recursos Bioinformáticos (OLATCG)	Computador <i>Library Javascript</i> Linguagem <i>Phyton</i> Modelo de banco de dados SQLite3 Phylocanvas Plataforma de Hospedagem GitHub Plataforma em nuvem Heroku	Procedimental
MOMENTO 2	Apresentar a pesquisa e identificar as concepções dos alunos em relação aos conceitos de Genética e aos recursos tecnológicos.	TCLE Questionário Semiestruturado (COSTA, 2014) (APÊNDICE 3)	Diagnóstica
MOMENTO 3	Analisar as concepções dos alunos.	Metodologia da Tematização (FONTOURA, 2011)	Analítica
MOMENTO 4	Propor a estratégia didática	Plataforma OLATCG NCBI Plataforma Google Meet® (Gravação dos encontros) Observação direta	Procedimental
MOMENTO 5	Validar a estratégia didática com alunos do ensino médio	OLATGC	Procedimental Analítica
MOMENTO 6	Analisar a apresentação dos alunos com a resolução dos problemas apresentados durante a etapa de validação.	Plataforma Google Meet® (Gravação dos encontros) Observação direta	Procedimental Analítica

Fonte: Autora

CAPÍTULO VI
RESULTADOS E
DISCUSSÃO

Os dados coletados e apresentados neste estudo avaliaram o uso de uma estratégia didática de Bioinformática como ferramenta no ensino de Genética para a promoção do letramento científico. Para tal, identificamos as concepções dos discentes acerca dos conceitos de Genética e recursos tecnológicos e propusemos a criação de uma plataforma de Bioinformática – OLATCG – que serviu de alicerce para a realização de uma estratégia didática com o fim de apresentar os principais recursos Bioinformáticos. Por último, foi analisada – com os dados da etapa de validação – a contribuição da utilização de ferramentas de Bioinformática para a formação de um indivíduo letrado cientificamente.

6.1. Análise do Questionário: concepções dos alunos sobre Genética e Recursos Tecnológicos

A fim de conhecer a concepção dos alunos sobre a temática Genética, bem como a utilização de recursos tecnológicos nas aulas de Genética, aplicamos um questionário semiestruturado e composto de dezoito perguntas: treze fechadas e cinco abertas, conforme descrição no capítulo de percurso metodológico. A coleta de dados se deu ao final do segundo bimestre do ano letivo, momento em que as turmas já teriam visto os conteúdos de Genética abordados em cada um dos anos letivos (tabela 1), mas não acreditamos que isso possa ter influenciado os resultados obtidos no presente estudo. A análise das respostas do questionário nos permitiu conhecer melhor os estudantes que compõem o contexto desse estudo.

Conforme descrito previamente, os participantes da pesquisa possuem idades que variam de 14-18 anos e compreenderam um total de 62 alunos (32 dos quais do 1º ano do Ensino Médio e 30 do 3º ano). Não obtivemos nenhuma negativa com relação à participação no estudo, ao mesmo tempo que nenhum dos alunos que aceitou participar da pesquisa desistiu após ter dado sua anuência.

Abrir o questionário de pesquisa com a pergunta sobre renda *per capita* familiar foi uma opção nossa, mesmo cientes de todos os vieses que poderiam surgir, entre eles a possível vergonha do aluno ter que expor a realidade financeira de sua família. Contudo, considerando a relevância da mesma e visto que a proposta da tese é trabalhar com ferramentas de Bioinformática e conhecer a realidade em que nossos participantes estão inseridos, tal indagação traz contribuições

importantes, dado que a desigualdade social é um elemento que fomenta a desigualdade de acesso aos bens tecnológicos (CARDOSO; FERREIRA; BARBOSA, 2020). Essa pergunta foi feita da forma como está escrita, e foi explicado aos alunos no momento de aplicação do questionário a forma de cálculo. Eles foram instruídos a somar todos os valores recebidos pelos moradores da residência e dividir o resultado pelo número de habitantes, obtendo assim, a renda *per capita* familiar.

Ao analisar as respostas referentes à essa primeira pergunta (gráfico 1), pudemos observar que, no 1º ano, 22% (sete alunos) estão na faixa de renda que varia de 1 a 1,5 salários-mínimos *per capita*, 31% (dez alunos) estão na faixa de 1,5 a 2,5 salários-mínimos, 6% (dois alunos) estão na faixa de 2,5 a 3 salários-mínimos, enquanto 41% (treze alunos) estão na faixa de renda maior que 3 salários-mínimos *per capita*. No 3º ano, 3% (um aluno) estão na faixa entre 0,5 a 1 salário-mínimo *per capita*, ao passo que 20% (seis alunos) estão na faixa de renda que varia de 1 a 1,5 salários-mínimos, 30% (nove alunos) estão na faixa entre 1,5 a 2,5 salários-mínimos, 20% (seis alunos) na faixa entre 2,5 a 3 salários-mínimos e os 27% restantes (oito alunos) estão na faixa maior que 3 salários-mínimos *per capita*. Ao analisar as duas turmas de forma comparativa, notamos que as faixas de rendas são muito parecidas nas turmas estudadas. Porém, cabe destacar que no primeiro ano há um grupo maior dentro da última faixa de renda *per capita*, ao passo que no 3º ano fora observado apenas um aluno ocupando a menor faixa – de 0,5 a 1 salário-mínimo *per capita*.

Gráfico 1 – Renda per capita dos alunos participantes do estudo.
Renda per capita da população do estudo



Fonte: a autora

A segunda pergunta visava conhecer onde eles cursaram o Ensino Fundamental ou equivalente, também a partir da premissa que o acesso às tecnologias deve ser não só incluído nas políticas públicas educacionais como ser fomentado pelas unidades escolares. Nesse sentido, desde 2003 o governo brasileiro sinalizou que a inclusão digital estaria no campo dos direitos, do

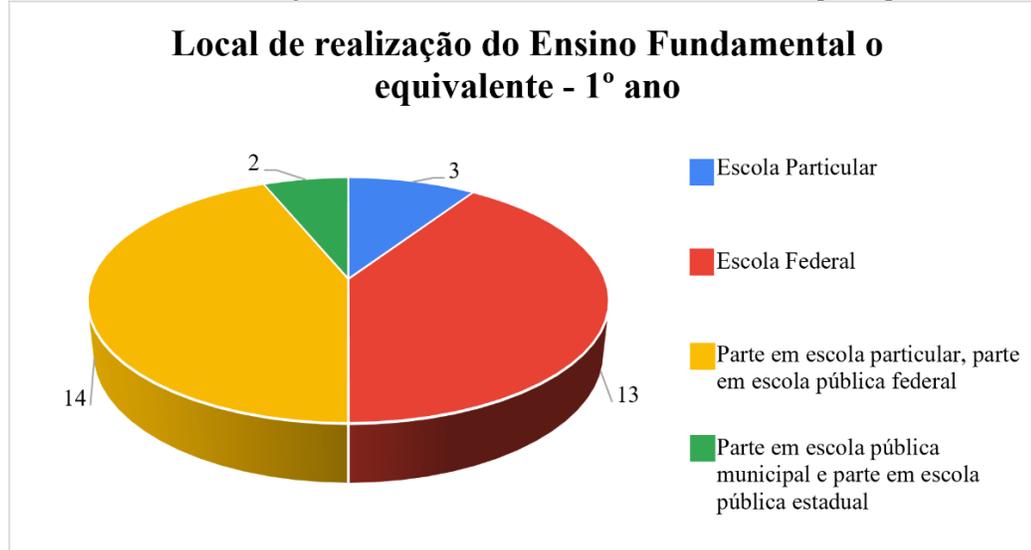
exercício da cidadania e do desenvolvimento social (ECHALAR, 2015). Dentro desse escopo, começaram a surgir diferentes projetos, dentre eles o Programa Brasileiro de Inclusão Digital – PBID, que surgiu em 2005 (CARVLAHO, 2010), e o Um Computador por Aluno (Brasil, 2008). Este último traz em sua redação final a grande variedade de informações que podem ser veiculadas em salas de aula com a utilização de tecnologias como ferramentas auxiliares.

Nas escolas, as tecnologias digitais oferecem uma enorme diversidade de informações e permitem interatividade e colaboração. O crédito em seu potencial para a transformação da educação escolar baseia-se na aposta de que elas são uma poderosa ferramenta para mudar os papéis atualmente desempenhados por professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem, ao viabilizar a autonomia do aprendiz e a atuação do professor como orientador (BRASIL, 2008, p. 25).

Diante dessa perspectiva, embasamos o nosso questionamento aos alunos da pesquisa acerca das etapas anteriores dos seus estudos, uma vez que, como já citado anteriormente, todos são atualmente matriculados em uma escola pública federal (Gráficos 2 e 3). A análise desse dado se fez importante, pois mesmo existindo programas de fomento, apoio e legislações para a aplicação de tecnologias nas salas de aula, sabe-se que a realidade das escolas públicas está muito aquém do necessário para manter o funcionamento de diferentes recursos tecnológicos nas aulas.

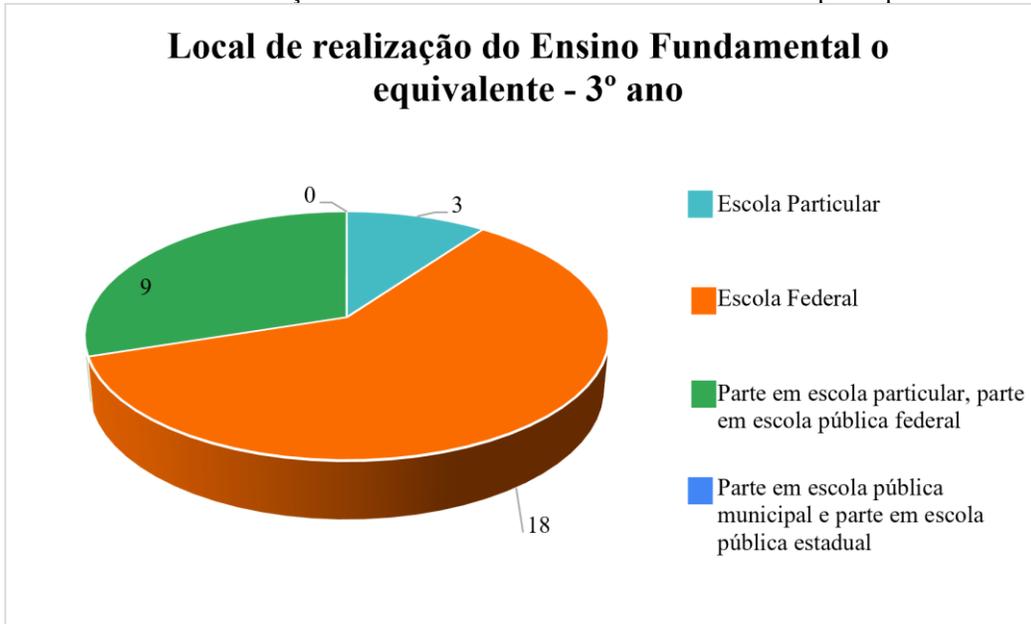
Entre os alunos do 1º ano, 9% (três alunos) cursaram o Ensino Fundamental – EF – em escola particular, 41% (treze alunos) cursaram também em escola pública federal, 44% (catorze alunos) parte em escola particular e parte em escola pública federal e apenas 6% (dois alunos) cursaram parte em escola pública municipal e parte em escola pública estadual. Já entre os alunos de 3º ano, 10% (três alunos) estudaram em escola particular, 60% (dezoito alunos) em escola pública federal e 30% (nove alunos) parte em escola particular e parte em escola pública federal. Nenhum aluno que atualmente está no 3º ano cursou parte dos estudos em escolas públicas estaduais ou municipais. Tais dados reforçam que a maior parte dos alunos participantes da pesquisa frequentou a escola pública ao longo de sua escolarização e, dentro da escola pública, a aplicação de ferramentas de Tecnologias de Comunicação e Informação demanda conexões entre as políticas públicas nacionais, estaduais e municipais a depender do órgão ao qual a escola é vinculada (MOREIRA; COSTA, 2020).

Gráfico 2 – Local de realização do Ensino Fundamental dos alunos de 1º ano participantes do estudo.



Fonte: a autora

Gráfico 3 – Local de realização do Ensino Fundamental dos alunos de 3º ano participantes do estudo.



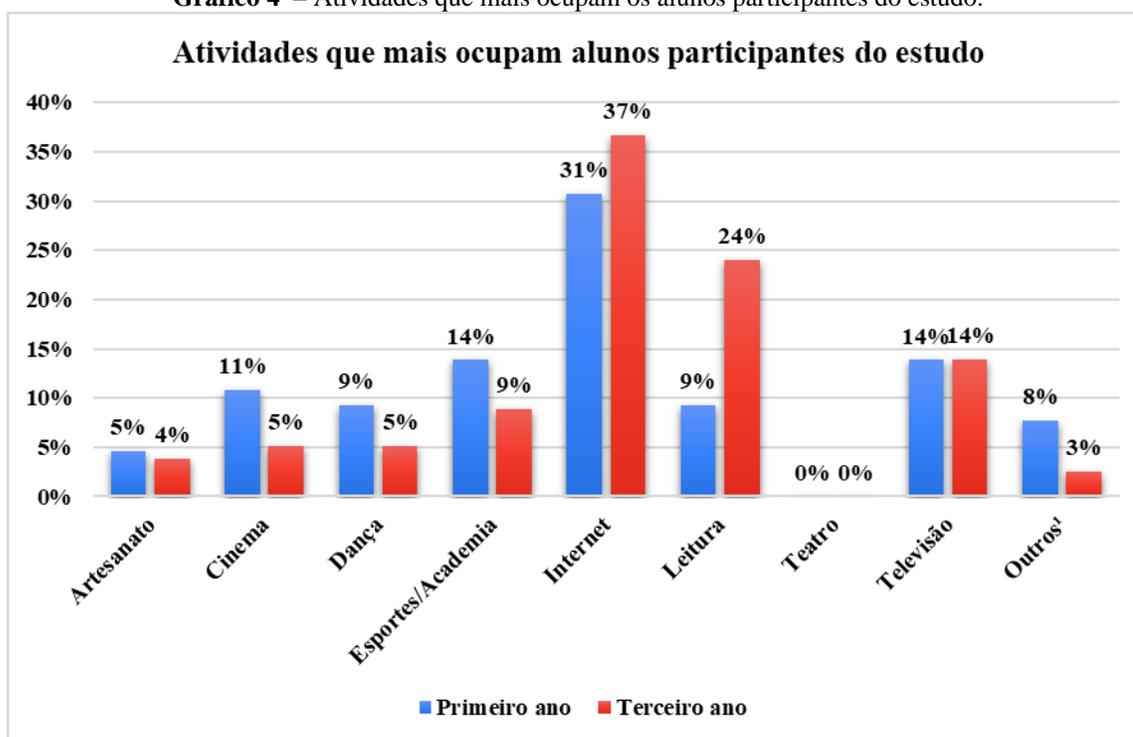
Fonte: a autora

Na terceira pergunta, o objetivo era conhecer as atividades nas quais os alunos participantes mais ocupavam seus tempos. Como pode ser observado no gráfico 4, a Internet foi a atividade mais citada tanto pelos alunos do 1º ano, com 31% (vinte alunos), quanto pelos alunos do 3º ano, com 37% (vinte e nove alunos). Esse dado pode ser corroborado por mais duas perguntas do questionário: a quarta – apresentada no gráfico 5 – que alude aos meios utilizados pelos alunos

para se manterem atualizados com relação aos acontecimentos atuais. Acerca desse questionamento, 60% (trinta e um alunos) do 1º ano marcaram a opção Internet como principal fonte de pesquisa, ao passo que no 3º ano, 46% (vinte e nove alunos) também apontaram a rede mundial de computadores como fonte de pesquisa. Essas duas últimas perguntas apresentadas continham várias alternativas e os alunos poderiam marcar mais de uma.

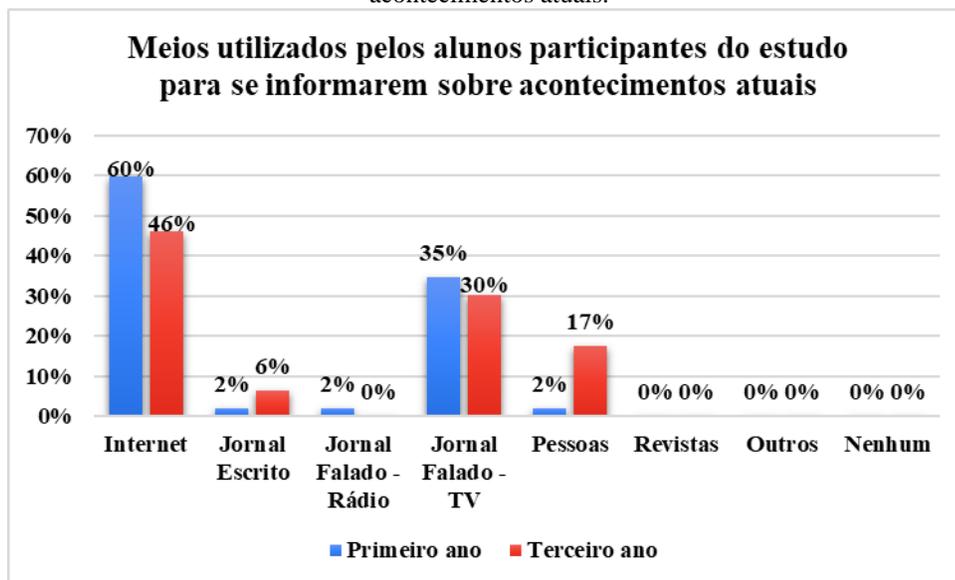
Por fim, a outra questão que corrobora os dados da terceira pergunta é a que busca conhecer o tempo utilizado na Internet pelos participantes da pesquisa (sexta questão). À essa pergunta, 63% (vinte alunos) do 1º ano e 60% (dezoito alunos) do 3º ano sinalizaram ficarem mais de 6 horas por dia conectados à Internet.

Gráfico 4 – Atividades que mais ocupam os alunos participantes do estudo.



Fonte: a autora

Gráfico 5 – Meios de informação mais utilizados pelos participantes do estudo para terem acesso aos acontecimentos atuais.



Fonte: a autora

Ao analisar as respostas oriundas desses três últimos questionamentos, faz-se necessário pensar na relação da Internet em nossas vidas e na sociedade. E, dentro desse contexto, também a relação dos alunos – grupo pesquisado – com esse acesso. Já é notório o papel que ela exerce há alguns anos sobre a sociedade, contribuindo para mudanças de hábito substanciais, trazendo tanto ludicidade quanto novas formas de se estabelecer relações, sejam elas sociais ou profissionais ou mesmo pesquisas com conteúdo educacional, cultural ou de lazer.

É inegável a relação entre a grande escala de difusão de dados e informações no mundo com o advento da tecnologia e os meios de comunicação. No Brasil, mais especificamente, observa-se grande número de serviços oferecidos sem a necessidade de deslocamento, tais como, bancos, *sites* governamentais, cursos profissionalizantes, graduações e pós-graduações (DIAS; CAVALCANTI, 2016).

Bessa (2011) classificou como “revolução” a transformação nos processos de comunicação decorrentes da utilização da Internet. Isso ainda sem levar em consideração o período pandêmico que estamos vivendo desde março de 2020 e sua consequência nas relações ante à necessidade de distanciamento social. Respeitadas as particularidades regionais observadas em âmbito nacional, dados de 2015 do IBGE demonstram que o alcance da Internet tangenciava 48% da população com 10 anos ou mais, o equivalente a 100 milhões de pessoas. Comparado ao dado de 2005, há um

aumento significativo, pois o mesmo acesso era disponibilizado para apenas 21% da população com a mesma idade na primeira década do século XXI. Dados mais recentes divulgados pela *Internet World Stats* em 2020 apontam que a população brasileira é a mais presente na rede quando comparada ao restante de toda a América Latina.

Com a internet tão presente em nossas vidas e nas nossas relações, não é de se estranhar que os dados oriundos da presente pesquisa indiquem que a rede mundial de computadores é o local onde eles se mantêm informados sobre os acontecimentos atuais, como citou Costa e colaboradores em seu artigo de 2021. A forma de se fazer notícia, do mesmo modo que veicular a mesma ao grande público, vem sofrendo constantes mudanças e adequações, visto que na era pré-internet, quando ocorria um acontecimento, tal como um acidente, o mesmo só seria noticiado ao grande público no dia seguinte por jornais impressos, mídias televisionadas ou faladas. Hoje, com o advento da Rede Mundial, tanto os portais de notícias quanto as próprias redes sociais pulverizam o fato quase que instantaneamente, tornando as buscas muito mais céleres com relação aos acontecimentos.

Com relação às horas diárias de acesso dos alunos à internet, os dados obtidos corroboram aqueles vistos por Castanho e Zorzim (2017) e Costa *et al* (2020), que retrataram, em seus respectivos estudos, análises de horas que os jovens acessavam à Internet. Ambos os estudos ainda obtiveram dados que demonstravam um sentimento dos jovens de satisfação após o uso, seguido da vontade de continuar acessando. Não à toa, o Brasil está entre os destaques de acesso às mídias sociais e aos sites de notícias e informações, segundo Piesco (2015).

Esse uso intensivo da Internet, como já mencionado, não se restringe somente a busca por informação. Dentre as atividades diárias que os alunos ocupam seus tempos hoje em dia, as redes sociais tomam grande parte desse ente precioso. Tanto é que, desde 2006, tais espaços virtuais já sofreram diversas adaptações, sempre com vistas à melhor interação social e ao atendimento de demandas do público vigente naquele momento.

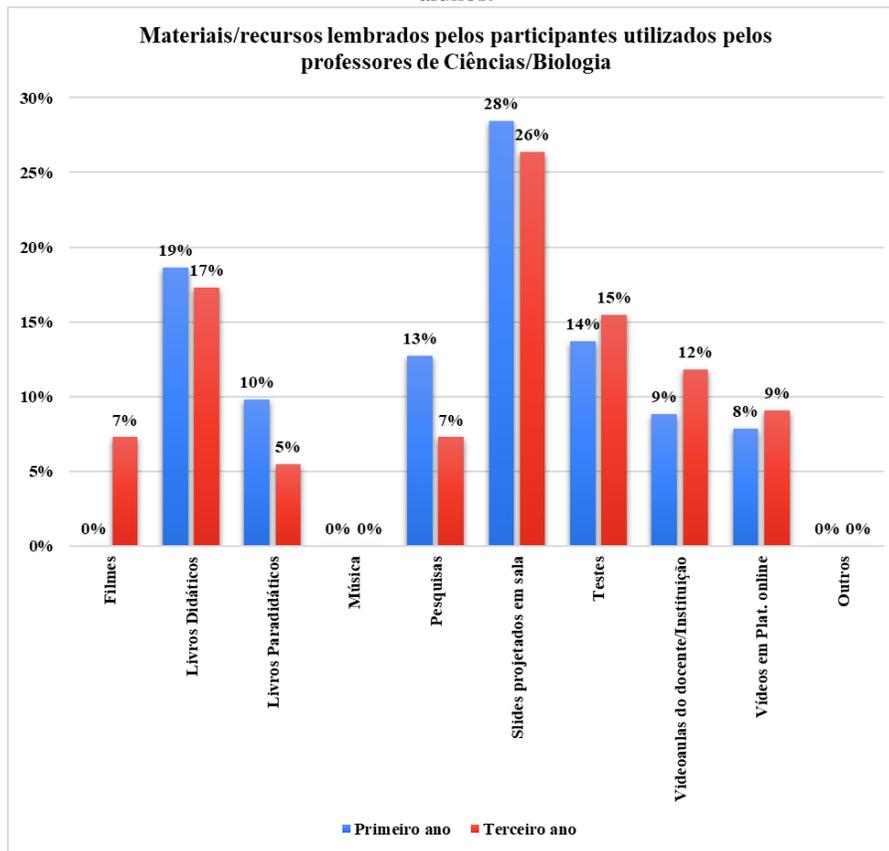
Tendo sido considerado como pioneiro no processo, o Orkut[®] foi seguido de outras plataformas, como Facebook[®], Blogs[®], WhatsApp[®], Twitter[®], Instagram[®], TikTok[®], entre outras (DIAS; CALAVCANTI, 2016). Uma alternativa que vem sendo muito utilizada por professores e pesquisadores da área de ensino no que concerne ao grande número de horas que jovens estudantes

ficam conectados é utilizar as redes sociais para divulgar conhecimento, bem como oportunizar ferramentas didáticas aos estudantes.

Ao serem questionados sobre os meios que utilizam para acessar à internet, nenhum aluno relatou não ter meios de acessar. Tanto no 1º ano quanto no 3º ano, 54% dos alunos acessam pelo celular, enquanto 45% pelo computador ou laptop e apenas 2% pelo tablet. Esses dados também foram corroborados pelo estudo de Costa e colaboradores (2021) com dados coletados pelos autores em 2017 e apresentados no referido artigo. Apenas 1,7% não possuía acesso à Internet e 78,7% utilizavam o celular para acessar às informações e 9,8%, o laptop.

Na sétima questão do questionário, os alunos foram convidados a responder sobre quais materiais ou recursos eram utilizados pelos docentes de Ciências/Biologia ao abordar os conteúdos da matéria nas aulas. Os resultados, como podem ser vistos no gráfico 6, foram muito similares quando avaliados os três recursos mais utilizados pelos docentes nas duas turmas estudadas, sendo o recurso mais utilizado a projeção com slides, com 28% de primeiranistas e 26% de terceiranistas, respectivamente. Estes foram seguidos pela menção livro didático, com 19% de ocorrências no 1º ano e 17% no 3º ano. Em terceiro ficaram os testes, tendo no 1º ano 14% e o 3º ano, 15%.

Gráfico 6 – Materiais/recursos utilizados pelos docentes de Ciências e Biologia nas aulas, conforme lembrança dos alunos.



FONTE: a autora

Os dados obtidos nessa pergunta são corroborados por Costa, Campos Guerra de Araújo e Santos e Buseli Doro (2021), que obtiveram, na seguinte ordem, os materiais usados pelos professores: texto, vídeo, aula expositiva e livro didático dentre os mais citados na pesquisa. Ciências e Biologia são disciplinas que, mesmo com temáticas bastante relacionadas ao dia a dia discente e à sua própria realidade, acabam, em muitos momentos, não prendendo a atenção dos estudantes. Isso se deve, em parte, à utilização excessiva de terminologias complexas que acabam não fazendo sentido para os alunos. Este fato coloca o docente no papel da pessoa que fará a transposição didática entre tais termos e do conteúdo de forma que os alunos entendam. Para isso, ele demanda a utilização de recursos e estratégias didáticas. Nesse sentido, a utilização de jogos, filmes, oficinas orientadas, aulas em laboratório, saídas de campo, entre outros, são alguns dos exemplos de recursos que podem ser utilizados nas aulas e que oportunizam a melhor compreensão

e a significação dos conteúdos (NICOLA; PANIZ, 2016). No entanto, a utilização de recursos diferenciados, como os citados, está longe de ser uma realidade na maioria das salas de aula.

Com relação às turmas estudadas na presente tese, dentre os recursos mais citados em ambas estão o uso de slides e o livro didático. O primeiro é uma versão atualizada do que era então chamado quadro negro, embora muitos professores ainda utilizem os dois métodos em conjunto. O cuidado ao se utilizar slides deve ser o mesmo da época do antigo quadro, pois sabe-se que havia docentes que dispunham toda a matéria na lousa, os alunos então copiavam e somente após dava-se a explicação. Como salienta Krasilchik (2008, p. 63):

[...] o quadro negro, um recurso inestimável, é cada vez menos e mais ineptamente usado, pois professores em algumas aulas, colocam no quadro os esquemas, ou textos que serão trabalhados antes de exporem o conteúdo aos alunos. Dessa forma, os mesmos copiam o que está no quadro e não acompanham o assunto a ser abordado. Portanto o ideal é que o professor utilize e faça seus esquemas conforme exponha o conteúdo para que os alunos consigam acompanhar o raciocínio que será desenvolvido.

Esse mesmo cuidado citado pela autora deve se refletir nos slides, em que a explicação se dê em conjunto com a criação do que será apresentado ali para o aluno a fim de que este não se perca copiando esse material e não tendo tempo para construir um aprendizado.

No tocante ao livro didático, a autora retrata, no mesmo livro, um ponto importante sobre o livro constituir uma referência tradicional no momento de seleção dos conteúdos dos cursos e metodologia (KRASILCHIK, 2008, p. 65). A autora ainda afirma que:

[...] pelas suas difíceis condições de trabalho, os docentes preferem os livros que exigem menos esforço, e que reforçam uma metodologia autoritária e um ensino teórico [...]. O docente, por falta de autoconfiança, de preparo, ou por comodismo, restringe-se a apresentar aos alunos, com o mínimo de modificações, o material previamente elaborado por autores que são aceitos como autoridades. Apoiado em material planejado por outros e produzido industrialmente, o professor abre mão de sua autonomia e liberdade, tornando simplesmente um técnico (KRASILCHIK, 2008, p. 184).

De acordo com a linha de raciocínio apresentada pela autora, o livro continua sendo um dos principais recursos (muitas vezes o único) utilizados nas escolas, mesmo na presença de muitos recursos com potencial didático (THEODORO; COSTA; ALMEIDA, 2015). A forma de utilização desse recurso, que muitas vezes é pouco dinâmica e criativa, é que acaba contribuindo para o desinteresse dos alunos. Cabe ressaltar que tanto o quadro, o *slide*, ou até mesmo o livro didático, são recursos relevantes para cumprirem determinadas intencionalidades e objetivos de ensino, e

que não são necessariamente sinônimos de um ensino tradicional. Ainda sobre a afirmação da autora, falta de preparo, comodismo ou até mesmo insegurança não podem ser entendidos como a realidade de todos os professores, pois é notória a luta constante dos docentes de instituições públicas diante do pouco investimento e baixos salários, além de uma gestão da escola que muitas vezes não é democrática.

A associação de métodos pode ser um caminho para auxiliar essa transição. Sempre a partir de uma postura mais adaptável e aberta do docente – desde que este se abra à novas possibilidades – isso contribuiria não somente para aprendizado do aluno, mas também na aquisição de melhor traquejo social com mais flexibilidade nas relações, com o conhecimento adquirido e consigo mesmo (ALVES; SILVA; REIS, 2020).

Algo que nos chamou atenção e cabe uma reflexão é que os vídeos em plataformas online são pouco explorados, com apenas 8% de menções para alunos de 1º ano e 9% no 3º. E, após analisar as respostas do questionário da presente pesquisa, observamos que é a Internet o local em que a maioria dos alunos inquiridos passa mais de seis horas diárias, seja buscando informações e realizando diferentes atividades, apesar da Rede Mundial praticamente não ser citada como recurso utilizado nas aulas ou mesmo na realização de pesquisas e tarefas. Cabe ressaltar que, mesmo que fossem citados veementemente, a utilização de recursos tecnológicos – computadores, filmes ou redes sociais – como ferramentas didáticas para atender uma demanda cada vez mais crescente da sociedade não substitui o professor e nem mesmo a significância dele no processo de ensino e aprendizagem. Como aponta Libâneo (2009, p.66):

A tecnologização do ensino incentiva a crença de que o computador e outras mídias podem substituir a relação pedagógica convencional. Cria-se, com isso, a ilusão tecnoinformacional de que é possível a aprendizagem completa apenas com a presença dos alunos diante dos equipamentos informáticos.

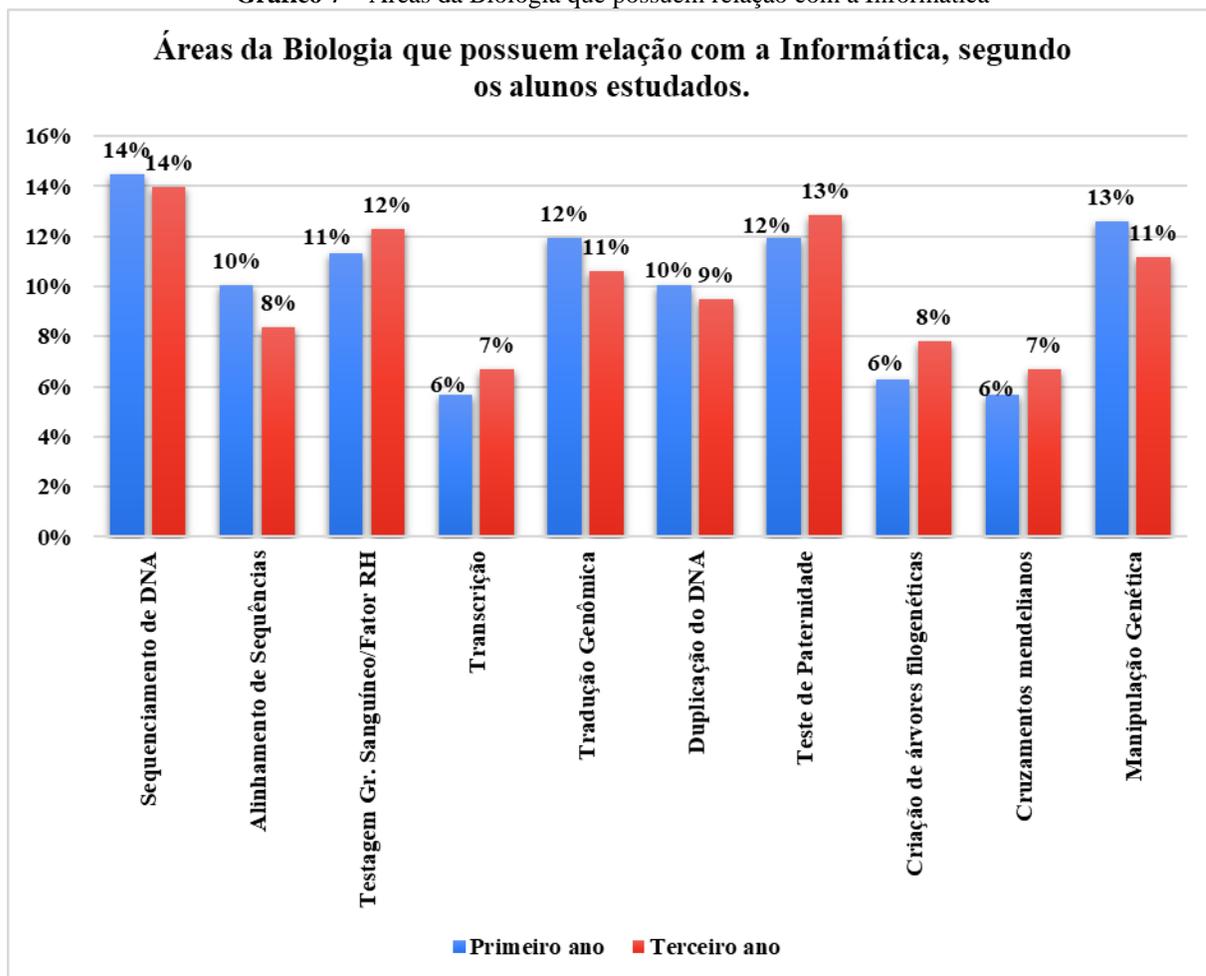
Essa citação pode ser transposta para os dias atuais, em que estamos todos a nos reinventar, pois desde março de 2020, pela emergência de saúde pública causada pela pandemia do novo coronavírus, houve a necessidade de suspensão das aulas para manter o distanciamento social. Diante desse contexto, as aulas foram adaptadas para o modelo virtual e muitas ferramentas, antes apenas citadas ou até desconhecidas, tiveram sua utilização aprovada pelos governos em questão, tais como: Google® Classroom™, Google® Meet™, YouTube™, Aplicativo Mano®, Teleensino™, Kahoot®, Zoom®, plataforma Moodle™, WhatsApp® entre outras.

O até então receio de a tecnologia substituir o professor deixou de ser uma realidade pois, durante esse tempo sem aulas, a necessidade de uma intervenção/mediação docente, mesmo que pelas telas, se fez necessária em muitos momentos. Tal processo, como um todo, nos remete ao conceito de Pierry Levy (2005) sobre virtualização que, para o autor, remete ao ato de conceber uma versão virtual – ao invés do real – de algo, que não se oporia ao real, mas sim garantiria sua continuação. A pergunta que surge é: os recursos antes utilizados (e os mais citados pelos alunos no presente estudo) ainda serão os mesmos nos próximos anos?

Essa constatação de que a realidade é permeada por tecnologia e que os modelos das aulas precisam ser revistos vai de encontro com as respostas dos alunos à décima sexta pergunta do questionário, que versava sobre a participação dos alunos em alguma aula de Biologia no laboratório de Informática da escola. Entre os respondentes, 78% e 87%, respectivamente 1º e 3º anos, responderam nunca ter tido aulas no laboratório de informática, ao passo que os 22% e 13% (1º e 3º ano respectivamente) que alegaram já ter tido, ao serem solicitados para dizer qual aula tiveram, ou diziam não lembrar ou confundiam com o Laboratório de Ciências.

No mesmo caminho seguiu a última questão do questionário – a décima oitava, representada visualmente pelo gráfico 7 – que ansiava ver se os alunos eram capazes de estabelecer uma relação entre a Informática e a Biologia, visto que as duas áreas estão conectadas em muitos dos conteúdos dessa última. Este era um questionamento o qual os discentes poderiam assinalar várias opções e, mesmo assim, a área que teve o maior número de assinalamentos foi o “sequenciamento de DNA”, com 14% para ambos os anos de escolaridade estudados. Outros tópicos relacionados à Bioinformática foram menos citados, como “Alinhamento de sequências”, com 10% e 8% para 1º e 3º anos, nessa ordem, e “Criação de árvores filogenéticas”, com 6% e 8% também para 1º e 3º anos, respectivamente. O nível de abstração da Genética, área de estudo dessa tese, tal qual de algumas outras áreas da Biologia, como Biologia Molecular, proporciona a utilização de tecnologias nas aulas e a Bioinformática é uma das formas de fazer isso, de possibilitar aos alunos uma inserção tecnológica e proporcionar momentos mais atrativos para contribuir para o seu aprendizado (CASTRO *et al*, 2020).

Gráfico 7 – Áreas da Biologia que possuem relação com a Informática



Fonte: a autora

Chamou-nos a atenção a marcação dos alunos para “os cruzamentos mendelianos” e à “testagem de grupos sanguíneos” que, de maneira especulativa, foram citadas por serem assuntos recorrentemente abordados em sala de aula. Porém, isso corrobora os dados observados por Silva *et al* (2019) que questionaram terceiranistas de três escolas públicas da Paraíba sobre os conceitos que eles lembravam sobre Genética. ‘Cruzamentos’ e ‘grupo sanguíneo’ figuraram entre os dez mais citados no estudo.

As questões discursivas presentes e respondidas no questionário passaram por uma leitura atenta, utilizando a tematização de Fontoura (2011). Procedeu-se o levantamento dos temas e a seleção das unidades de contexto. Os dados são apresentados de forma separada para melhor didática, de acordo com a turma respondente (1º ou 3º anos). Tratamos de identificar os alunos

participantes do 1º ano – 32 alunos – com a letra A. Sendo assim, suas referências serão apresentadas como: A1, A2, A3... até A32. Já os alunos de 3º ano, 30 participantes, serão referenciados como: E1, E2, E3... até E30.

A primeira questão discursiva – oitava pergunta do questionário – tencionava alcançar qual era a concepção sobre a temática Genética. A análise e a interpretação das respostas permitiram extrair o mesmo tema para ambas as turmas estudadas, a saber: **Concepções discentes sobre Genética**. As respostas do 1º ano foram divididas em três categorias e as do 3º ano em quatro, conforme os quadros 5 e 6, respectivamente. Cumpre enfatizar que, neste estudo, as categorias emergiram somente após a minuciosa análise de todas as respostas, conforme sinaliza Fontoura (2011) e não definidas *a priori*.

Quadro 6 – Categorias elaboradas do Tema “Concepções discentes sobre Genética” com as respostas dos alunos do 1º ano a partir da Tematização de Fontoura (2011).

Questão: Pra você, O que é Genética?	
Categorias	Unidades de Contexto
Hereditariedade	Genética é algo que define as características do ser, por meio da hereditariedade (A11) Hereditariedade dos pais pros filhos , da transmissão...(A14) Genética pra mim é algo dos pais que passa para o filho na fecundação do bebê (A16) Genética é características herdadas de seus antepassados (A22) Acredito que seja o material genético que é passado de pais para filhos (A27) Alguma coisa hereditária, que está sendo passada de linhagem para linhagem (A29) Não sei ao certo, mas acho que tem relação com DNA, e tem a ver com sua família, antepassados e etc. (A32)
Atribuição das Características do Ser Vivo	Algo que define características (A1) Pra mim genética é a forma de corpo que cada um tem a parte de metabolismo entre outros..(A3) Pra mim genética é o que dá as características ao indivíduo (A17) Conjunto de informações que formam a essência do ser humano e é único (A18) é o conjunto das características que vemos nos seres vivos, por exemplo, a cor dos olhos, o tipo sanguíneo, a cor das flores de uma planta, a cor do pelo de um gato (A31)
Estudo dos Genes	Estudo dos genes (A12) estuda os genes e a hereditariedade (A15) Para mim, é uma parte da ciência que estuda os genes passados de geração em geração (A20) A Genética é a parte da Biologia que estuda os genes e os mecanismos que garantem a hereditariedade (A26)

Fonte: Autora

Quadro 7 – Categorias elaboradas do Tema “Concepções discentes sobre Genética” com as respostas dos alunos do 3º ano a partir da Tematização de Fontoura (2011)

Questão: Pra você, O que é Genética?	
Categorias	Unidades de Contexto
Relação do DNA com a Evolução das Espécies	É o estudo do DNA, das mutações, dos cruzamentos, como tudo isso acontece e o que essas coisas podem causar na evolução (E1)
Hereditariedade	<p>É o que faz a gente ter algumas características principalmente dos nosso pais e avos (E2)</p> <p>É um tipo de característica física que herdamos de nossos pais (E5)</p> <p>Área estuda as características hereditárias de um grupo (E8)</p> <p>Para mim, genética são as características que uma filha herda da mãe, por exemplo, seja fisicamente ou apenas no jeito de ser (E10)</p> <p>Genética é quando decodificamos o DNA. Quando entendemos de onde nossas características são herdadas (E14)</p> <p>Para mim a genética é um assunto bem amplo. Envolvendo o DNA, que é uma molécula semelhante a uma mola herdada de nossos pais que tem toda a informação para fazer nosso corpo funcionar. O RNA, que não lembro ao certo a função. A hereditariedade, que é a herança de características. Creio que esses são os assuntos que mais ficaram na minha cabeça (E15)</p> <p>Genética é algo que carrega as características da família (E16)</p> <p>Genética para mim, é algo que vc possui no seu DNA, genética de família (E23)</p> <p>É todo composto relacionada a herança da linha genealógica e traços da aparência física. É onde achamos problemas como anomalias e doenças onde podem ser provenientes dos laços parentais ou do meio em que vive (E27)</p>
Constituição do Ser vivo	<p>A identidade do nosso corpo (E9)</p> <p>É a parte onde estudamos a formação de todo o nosso corpo, e o nosso dna (E11)</p> <p>É um estudo sobre os seres para que a gente possa entender de onde veio, biologicamente falando e para onde vai (E24)</p>
Estudo dos Genes	<p>Estudo dos genes (E3)</p> <p>É uma matéria da biologia que estuda os genes (E13)</p> <p>Ciência que estuda os genes. (E19)</p> <p>Genética é o estudo dos genes de algum ser vivo, compreendendo o material genético que o caracterizam (E22)</p> <p>Estudo dos genes, onde cada parte do material genético tem uma função característica própria nossa (E26)</p> <p>É o estudo das características e funções dos genes, e como eles influenciam nas características biológicas manifestadas pelos seres humanos (E28)</p>

Fonte: Autora

As unidades de contexto relacionadas à categoria “**hereditariedade**” observada nas duas turmas estudadas corroboram os resultados obtidos por Leal, Meirelles e Roças (2019), ao ser a categoria com mais unidades de contexto registradas. No estudo das referidas autoras, tendo sido perguntados o que vêm à mente quando a palavra Genética é falada, os estudantes associaram a área a algo herdado ou transmitido à prole. No estudo supracitado, a metodologia divergiu da nossa,

já que ela ocorrera por análise de conteúdo (BARDIN, 2011) e os discursos analisados dentro da categoria “**herdado/transmitido**” nas palavras das autoras, se deram de maneira superficial e reducionista.

Na nossa pesquisa também pudemos observar unidades de contexto que reduzem a Genética à herança dos pais para os filhos, como também relacionam essa herança aos antepassados, dados estes que mostram também uma compreensão superficial do campo. Entretanto, na nossa concepção, partir de respostas incompletas – ou até errôneas – quando falamos do processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, pode representar um obstáculo ao docente, porém possibilita também a transformação dessas “*misconceptions*” em concepções cientificamente aceitas (POSNER *et al.*, 1982; SCHNETZLER, 1992). Daí a importância de ter acesso aos conhecimentos prévios dos estudantes.

O educador, para viabilizar essa transformação, precisa colocar o aluno frente a uma situação conflito, ao passo que o discente, diante de uma insatisfação com suas ideias prévias, precisa sentir a necessidade de encontrar novas explicações para o problema que lhe fora proposto, o que contribui para um sucessivo processo de mudança conceitual de suas concepções prévias pelas apresentadas pelo docente (MORTIMER, 1996). Sendo a Genética uma área que perpassa a vida dos discentes, é natural que este chegue à sala de aula com algumas ideias e conceitos “prontos” aprendidos ao longo da vida. Identificar essas concepções errôneas relacionadas à Genética também é de suma importância para que haja um aprendizado real e duradouro com relação aos temas dessa Ciência (KLAUTAU-GUIMARÃES *et al.*, 2008).

Ainda dentro da categoria “**hereditariedade**”, conseguimos observar diferenças, mesmo que mínimas, na complexidade de respostas quando comparados o 1º com o 3º ano. Pudemos observar unidades de contexto extremamente detalhadas, como o E27, que aponta desde a herança genealógica da família, como também aborda as anomalias e doenças e a origem delas, que versam sobre tanto o laço parental quanto o meio o qual está inserido. Além disso, os alunos E14 e E15 apontam a importância do DNA no processo enquanto molécula que, quando decodificada, traz as informações para compor aquele ser. Nesse sentido, os alunos do 1º ano se ativeram à forma simplificada da herança das características dos pais.

Esse achado é natural, visto que o ensino de Genética é fragmentado dentro da organização curricular sugerida nos principais documentos norteadores de currículo, em que os alunos do

primeiro ano do Ensino Médio estudam os ácidos nucleicos e divisão celular, enquanto os outros temas relacionados à Genética são discutidos no terceiro ano do Ensino Médio (BELMIRO; BARROS, 2017). Isso aponta uma descontinuidade no ensino e acaba contribuindo para a não compreensão do todo. Tal fragmentação também justifica as muitas respostas de alunos do 3º ano que foram construídas de modo deveras simplificado e superficial. Como sinaliza Justina (2001), a estrutura cromossômica, assim como os mecanismos de transmissão das informações genéticas, depende da própria estrutura molecular dos ácidos nucleicos e da duplicação do DNA.

Outra categoria a aparecer no 1º ano foi a “**Atribuição das Características do Ser Vivo**”, em que os estudantes conseguiram relacionar a Genética às suas próprias características. A consciência dessa relação é inclusive estimulada em uma das habilidades da segunda competência da BNCC de Ensino Médio na área de CNT, a qual estimula um ensino que vise “Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização, da composição molecular à biosfera...” (BNCC, 2018). As unidades de contexto, mais uma vez, por se tratar de alunos do primeiro ano do Ensino Médio, apresentam uma superficialidade. Contudo, destacamos o estudante A31, que conseguiu, além de fazer a relação direta, apresentar exemplos claros dessas características.

A última categoria observada entre as respostas dos alunos do 1º ano foi “**Estudo dos Genes**”, que também fora também observado entre os respondentes do 3º ano. Uma das definições mais utilizadas na Genética é exatamente essa, Ciência que se encarrega de estudar tanto a estrutura quanto a função dos genes nos diferentes tipos organismos, assim como compreender o comportamento dos genes em nível de populações (PIERCE, 2012).

Como discutido no capítulo 1, a Genética é uma das áreas de mais difícil compreensão dentro da Biologia. Uma das dificuldades observadas são os nomes das estruturas ou dos processos que ocorrem na célula, dentre eles polialelismo, alelo, gene, entre outros (CID; NETO, 2005). Conseguir estabelecer relações com tais conceitos é algo que nos chamou atenção, pois observamos respostas objetivas que tratavam a Genética como “estudo dos genes”. De maneira similar, observamos um estudante de terceiro ano que fora capaz de estabelecer a relação completa entre o gene e as características manifestadas pelos seres humanos: “**É o estudo das características e funções dos genes**, e como eles influenciam nas características biológicas manifestadas pelos seres humanos (E28)”.

A categoria “**Relação do DNA com a Evolução das Espécies**” surgiu com apenas uma unidade de contexto entre os alunos respondentes do 3º ano, que descrevera Genética da seguinte forma: “**É o estudo do DNA, das mutações, dos cruzamentos, como tudo isso acontece e o que essas coisas podem causar na evolução (E1)**”. Uma resposta aparentemente simples, porém, tão completa e que nos fez refletir, inclusive, acerca da forma como a Biologia deve ser vista, já que é uma Ciência extremamente abrangente, que estuda de forma integrada indivíduos e espécies, levando em conta as transformações que ocorrem ao longo do tempo – evolução – constituição dos organismos, comportamento e formas de interação entre outras espécies e o meio ambiente (LIMA; AMORIM; LUZ, 2018).

Nesse sentido, a percepção do aluno E1 acerca da relação existente entre Genética e Evolução, nos mostra que existiu, em algum momento, a construção de um caminho de aprendizagem por ele – que é o esperado quando se trabalha Genética – e que o aluno fora capaz de enxergar além dos nomes difíceis e cálculos de probabilidade.

De acordo com os PCNEM (2002), a Genética deve ser trabalhada em sala de aula de uma forma que oportunize aos alunos o desenvolvimento de competências e habilidades que os permitam entender, descrever e caracterizar a molécula de DNA, correlacionando tal estrutura à transmissão de caracteres hereditários, além de entender a relação intrínseca que existe entre as mutações e alterações no código genético com o que pode se chamar de diversidade planetária. Ao entender essa relação, o aluno compreende os mecanismos de evolução e traz uma significação maior para o seu aprendizado.

A última categoria observada entre os alunos do 3º ano foi “**Constituição do Ser vivo**”. A associação constatada pelos discentes fora da Genética como área responsável pela criação da identidade e que é capaz de proporcionar entendimento sobre “de onde vim e para onde vou”. Isso ratifica os escritos de Rossi e colaboradores (2021), que descrevem a Genética como uma área estruturante a possibilitar aos alunos o desenvolvimento de uma visão holística com relação à Biodiversidade e aos processos evolutivos envolvidos.

No que concerne esse olhar para a Genética, a BNCC (2018) trouxe em sua redação a descrição das habilidades necessárias para alinhar, de forma conjunta e interdisciplinar, o trabalho de Genética com o estudo da Evolução Biológica e Biologia da conservação.

A BNCC suscita um importante debate sobre o ensino de Genética. De acordo com o texto, o aprendizado de Genética é fundamental para o entendimento e compreensão das discussões ocorridas na sociedade (2018). Dessa forma, ela prevê uma revisão dos currículos das redes de Educação para o Ensino Médio, o que já vem ocorrendo em todas as Unidades da Federação (SILVA, 2021) e que já fora implantado no PNLD 2021, que traz os livros de Ensino Médio reformulados.

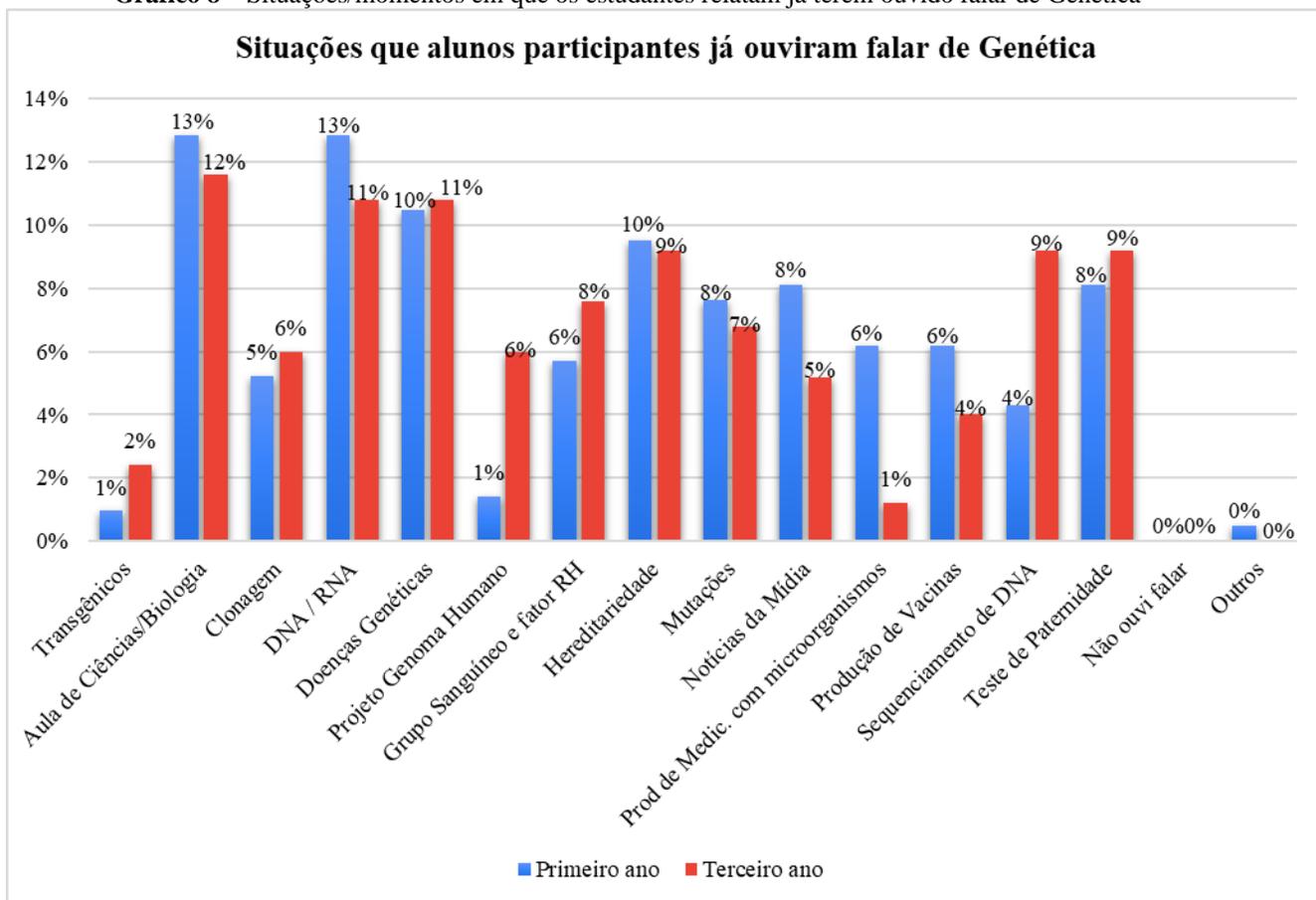
A contextualização dos temas abordados é importante para aproximar o aluno do que está sendo abordado, visto que ele já tem contato com a temática em diferentes momentos de sua vida, seja pela mídia, redes sociais, educação formal, entre outros. Temas como manipulação vegetal – com vistas à otimização da cadeia produtiva de alimentos – e pesquisa com células-tronco com o intuito de produzir medicação e tratamentos para doenças, são alguns dos exemplos (ZATZ, 2012).

Foi diante de temas sobre Genética perpassados pelos alunos o tempo todo que fora elaborada a 9ª pergunta, que pediu que eles respondessem em quais situações abaixo eles já ouviram falar de genética.

As respostas obtidas a partir do gráfico 8 nos mostram que, nas duas turmas estudadas, as situações as quais os alunos mais ouviram falar de Genética foram “**aulas de Ciências/Biologia**”, com 13% no 1º ano e 12% no 3º ano, seguido de “**DNA/RNA**”, com 13% no 1º ano e 11% no 3º ano. “Doenças Genéticas” aparece em terceiro com 10% entre os estudantes de 1º ano e 11% no 3º ano. Outra categoria que também apareceu dentro da mesma média de citações foi “**hereditariedade- herança de características**”, onde 10% de alunos de 1º ano e 9% de 3º ano apontaram terem ouvido falar de Genética com esse assunto.

Os temas “**sequenciamento de DNA**” e “**produção de vacinas**” que, devido ao contexto atual de pandemia de Covid-19 terem sido amplamente debatidos pela mídia e pelas redes sociais, não figurou entre os mais citados, tendo o primeiro tema no 1º ano apenas 4% de menções e no 3º ano, 9%. Já “**produção de vacinas**”, no 1º ano, fora mencionado por 6% dos alunos e, no 3º ano, 4%. O tópico “**notícias da mídia**” fora citado por 8% dos primeiranistas e apenas 5% dos terceiranistas.

Gráfico 8 – Situações/momentos em que os estudantes relatam já terem ouvido falar de Genética



Fonte: a autora

É natural que as respostas para esse questionamento trouxessem a escola como uma das fontes mais citadas pelos estudantes, uma vez que, enquanto conteúdo escolar, a Genética é trabalhada desde o ensino fundamental na disciplina de Ciências, mais especificamente dentro do estudo da célula, momento que o material genético e suas funções já são discutidas. Ao longo de sua formação escolar, mesmo que em outros conteúdos, a Genética também será debatida, como em Evolução e, de forma mais específica, no terceiro ano do Ensino Médio com cálculos, probabilidades, leis de Mendel, conceitos de Biotecnologia, entre outros. Porém, para que esse conhecimento seja rememorado pelo aluno, é mister que ele tenha construído essa aprendizagem, significado a mesma e, ao mesmo tempo, estabelecido correlação com o seu cotidiano. Caso contrário, será apenas um estudo com vistas à obtenção de notas e consequente aprovação (POZO; CRESPO, 2009; KRASILCHIK, 2011).

A não correlação com os assuntos pertinentes ao dia a dia do aluno pode ser sugerido quando eles não vislumbram a Genética em situações vividas e divulgadas pela mídia todos os dias, pois é progressivo o aumento de informações advindas de descobertas científicas. Desse modo, temas antigamente restritos aos muros acadêmicos, como Genética, Biologia molecular e Biotecnologia, têm se disseminado amplamente para a população, tanto por meio de comunicações científicas como por meio de comunicações de massa (SILVA; FREITAS, 2006; VALÉRIO; BAZZO, 2006). Assim, embora os conteúdos e conhecimentos em Genética integrem temáticas deveras relevantes, como saúde, alimentação e economia, compondo discursos cada vez mais presentes na sociedade, seu conhecimento ainda é superficial para grande parte de indivíduos, mesmo os que já se formaram na escola (WILLIAMS *et al*, 2012).

Isso coloca a escola no foco de destaque e responsabilidade, visto que é nesse ambiente que os alunos têm referências tanto para buscar como para construir informações e conhecimento. Pois termos como DNA, cromossomo, genoma, clonagem, efeito estufa, transgênico, entre outros, não são desconhecidos por eles, são retratados na mídia e em conversas do meio social. Qual cidadão brasileiro não se regozijou quando fora noticiada que uma brasileira, a Dra. Jaqueline Góes de Jesus, integrava a equipe que sequenciou o genoma do vírus causador da Covid-19? Ao mesmo tempo, quando a primeira vacina foi aprovada na fase de testes em tempo recorde. Porém, celebrar com um dito “avanço” é diferente de entender o que está por trás dessas descobertas. Por conseguinte, a escola volta à cena pois, para um completo entendimento e domínio dessas informações e notícias, há uma dependência de conhecimentos científicos que são discutidos na escola, mais especificamente na disciplina de Biologia (CASTRO, 2020).

Na tentativa de vislumbrar um pouco do entendimento dos estudantes participantes da presente pesquisa acerca do tema Genética, fora proposta uma questão mais “prática”, em que o objetivo era saber até que ponto os discentes não só conheciam, como também entendiam uma aplicação direta da Genética, no que concerne à herança Mendeliana. A décima pergunta fora: “Utilizando seus conhecimentos de Genética, você diria que um casal em que ambos possuem cabelos cacheados pode ter um(a) filho(a) de cabelo liso?”

Entre os primeiranistas, 71,9% responderam que sim e 28,1% responderam que não. E os terceiranistas, 86,7% responderam que sim, enquanto apenas 13,3% responderam que não. A eles fora pedido que justificassem suas respostas e, com base nas respostas, extraímos um único tema

para ambas as turmas: “**Aplicação dos conhecimentos em Genética**” e fizemos a categorização das mesmas, que pode ser observado no quadro 7 e 8 (respectivamente alunos do 1º e 3º anos) com a categorização dos que responderam sim, e nos quadros 9 e 10 (respectivamente alunos do 1º e 3º anos) dos que responderam não.

Quadro 8 – Categorização das respostas Sim de alunos do 1º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.

Questão: Utilizando seus conhecimentos de Genética, você diria que um casal em que ambos possuem cabelos cacheados podem ter um(a) filho(a) de cabelo liso?	
Tema: Aplicação dos conhecimentos em Genética	
Categorias	Unidades de Contexto
Herança Genética Familiar	<p>Pois a avó, tia (algum parente próximo) da criança por exemplo pode ter cabelo liso (A4) Pois podem ter antepassados além dos pais que poderiam possuir cabelo liso (A9) A linhagem mais antiga pode ter tais características, podendo assim ser possível a continuidade da característica (A11) Pois se sua avó por exemplo tiver cabelo liso vc pode puxar ela. Ex: minha irmã tem olho verde sendo que meus pais não tem, só minha vó que tem (A15) Pois algum parente de ambas as famílias pode ter a genética com o cabelo liso (A17) Conheço pessoas que puxaram os genes de avós por exemplo e acabaram nascendo com características dos mesmos (A27) Pode ser que genes da família dos pais interfiram na característica do cabelo da criança (A28) A genética não necessariamente se passa de pai/ mãe para filho, os avós, tios e etc, também podem influenciar, então se algum membro da família apresentar cabelos lisos existe uma pequena probabilidade desse filho ter também (A29) Por que ela pode ter relação genética com a avó que pode ter cabelos lisos, eu pensei dessa forma (A32)</p>
Expressão do Gene	<p>Acho que sim pois o gene do cabelo liso pode vir de algum gene “desativado” (A1) Pois pode ser que alguém da família, como os avós da criança, possuem cabelo liso e os pais possuem esse gene no sangue, mas o que predominou foi o cacheado, então pode ser que a criança tenha cabelo liso, mas é menos provável (A6) pois precisaria saber se o genótipo que determina se o cabelo será liso ou cacheado é recessivo ou dominante. e para confirmarmos também precisaríamos dos genomas dos pais (A10) pois os pais de cabelo cacheado nao impedem a filha de ter cabelo liso, só que a probabilidade é muito baixa (A13) codominância, onde o fenótipo vem diferente em relacao aos pais (A15) de acordo com o que pesquisei existe a possibilidade por que a característica dos genes para cabelo liso são recessivos (A21) Pq tem o gene dominante (A22)</p>

Fonte: Autora

Quadro 9 – Categorização das respostas Sim de alunos do 3º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.

Questão: Utilizando seus conhecimentos de Genética, você diria que um casal em que ambos possuem cabelos cacheados podem ter um(a) filho(a) de cabelo liso?	
Tema: Aplicação dos conhecimentos em Genética	
Categorias	Unidades de Contexto
Herança Genética Familiar	<p>Porque essa característica pode ter vindo de outros parentes, como os avós por exemplo (E2)</p> <p>Pois o pai ou a mãe podem ter algum genoma no DNA que "contenha o cabelo liso" (E4)</p> <p>Se tiver alguém na família com cabelo liso, existe a possibilidade, mesmo que pequena, da criança nascer com cabelo liso (E6)</p> <p>Seria uma probabilidade bem pequena mas é possível se algum parente paterno ou materno possua tal gene (E7)</p> <p>A criança pode herdar um gene que seus pais não herdaram (E9)</p> <p>Se outra pessoa da família tiver cabelo liso, por exemplo a vó, o filho poderia herdar essa característica (E10)</p> <p>Se houver histórico familiar por parte de pelo menos um parceiro o genótipo dele pode conter a herança (E12)</p> <p>Sabendo que os pais podem não ser a geração parental, os filhos podem herdar características de seus avós (E14)</p> <p>Sim, pois pelo que me lembro os genes não são apenas do pai e da mãe. Por exemplo a minha prima que nasceu de olhos claros, mesmo que os pais tenham olhos escuros. Na família dela apenas a avó por parte de pai tem olhos claros, os genes da avó estão presentes no DNA dela (E16)</p> <p>Porquê se na família já tem alguém com cabelo liso, os pais terem cabelo cacheados realmente tem mais probabilidade de nascer um filho cacheado, mas tendo na família alguém de cabelo liso natural existem também uma pequena probabilidade de nascer liso (E20)</p> <p>Pois se houver um antepassado na genética deles, essa genética pode se "manifestar" no filho, já que a genética é algo que vc possui no seu DNA, e ela pode ser influenciada pelo os seus antepassados (E23)</p>
Expressão do Gene	<p>Caso a característica de cabelo liso seja dominante e o casal seja heterozigoto (Possuir antepassados com cabelo liso), há a possibilidade da criança nascer com o gene recessivo e possuir cabelo liso também (E1)</p> <p>Se o cabelo cacheado é dominante, a filha pode ter gene recessivo (E3)</p> <p>Independente dos pais terem cabelo cacheado, eles podem ter o gene neles que não foi manifestado porque o cabelo cacheado é a característica dominante.(pelo que eu lembro essa é a palavra). Por isso acredito que sim, o filho pode ter cabelo liso (E15)</p> <p>Bom, se algum dos pais tiverem um gene, mesmo que recessivo, de cabelo liso, há a possibilidade da criança nascer com essa característica (E17)</p> <p>Pois pode haver um gene recessivo dos avós (E21)</p> <p>Dependendo da árvore genealógica da criança e se o cabelo liso é uma característica recessiva ou não. A criança pode nascer com cabelo liso por ter "puxado" as características de outros parentes que não o pai e a mãe (E24)</p> <p>Coloquei sim, pois não sei se eles heterozigotos como Ll ou se são homozigotos como LL, levando em conta que eles possuem descendentes (E25)</p> <p>Se cabelo liso for o genótipo de um dos pais, mesmo que não seja dominante (apareça fisicamente), existe a possibilidade de um filho nascer assim (E26)</p> <p>É possível que um dos dois possua o gene do cabelo liso, mas de maneira recessiva. Isso significa que apesar de carregarem esse gene ele apenas se manifesta em algumas gerações (E28)</p>

Fonte: Autora

As unidades de contexto observadas na categoria “**Herança Genética Familiar**” nas duas turmas corroboram os dados observados em um estudo feito por Leal e colaboradores (2017), em que os estudantes da referida pesquisa responderam à seguinte questão: “Explique porque os filhos se parecem com os pais”. As autoras analisaram e categorizaram as respostas, porém, a interpretação dos dados se deu por análise de conteúdo (BARDIN, 2011), o que resultou na apresentação de três categorias, sendo que duas delas, que as autoras classificaram como “superficial” e “elaborada”, podem ser utilizadas ao analisarmos as respostas da presente pesquisa.

Dentre as unidades de contexto observadas na supramencionada categoria, algumas podem ser abarcadas no que as autoras denominaram ‘superficiais’, como por exemplo as seguintes unidades de contexto, a saber: 1º ano – “Pois **a avó, tia (algum parente próximo)** da criança por exemplo **pode ter cabelo liso** (A4)”; 3º ano – “Porque **essa característica pode ter vindo de outros parentes**, como os avós por exemplo (E2)”. Nessas resoluções, os alunos conseguem relacionar a herança a um ente familiar, porém pouco desenvolvem a resposta. Contudo, a grande maioria das soluções podem ser avaliadas como elaboradas, tal como as seguintes unidades de contexto observadas em um aluno de 1º ano e 3º ano, respectivamente: “A genética não necessariamente se passa de pai/mãe para filho, **os avós, tios e etc, também podem influenciar**, então se algum membro da família apresentar cabelos lisos **existe uma pequena probabilidade desse filho ter também** (A29)”; “Pois **se houver um antepassado na genética deles, essa genética pode se ‘manifestar’ no filho**, já que a genética é algo que você possui no seu DNA, e ela pode ser influenciada pelos seus antepassados (E23)”.

Nas últimas unidades de contexto citadas podemos observar que, além da fala direta dos alunos acerca da herança familiar, os mesmos conseguem produzir uma explicação mais elaborada no que tange essa herança, mencionando inclusive sobre a probabilidade observada quando os mesmos relatam herança genética, bem como ainda acerca da “manifestação” no filho de uma característica observada em algum antepassado – uma forma não científica de relacionar a manifestação de genes observada na herança genética. Para que o aluno consiga fazer essa transposição entre o saber – que ele já traz – e a forma científica da relação entre gene e herança Genética, as aulas de Biologia e Ciências se fazem muito necessárias. Os PCN+ trouxeram orientações referentes ao ensino de Genética que objetivariam que esse ensino propiciasse aos

estudantes o pleno entendimento da estrutura e característica da molécula de DNA e a sua relação direta na transmissão de caracteres hereditários (BRASIL, 2002).

No Ensino Médio, há a necessidade de os alunos compreenderem a forma como se dá, de forma biológica, a herança dos pais para os filhos. Nesse contexto, Mori, Pereira e Vilella apontaram, em 2011, que todo ser vivo herda de seus genitores as informações que permitem que as nossas características sejam produzidas. Tanto as características referentes à espécie quanto as características individuais de cada um. Tais informações podem ser acessadas nos genes, que são passados de pais para filhos por meio das células denominadas gametas. A relação de produção dos gametas pela meiose, bem como a noção de evolução e herança genética, são trabalhadas em momentos distintos no Ensino Médio, o que dificulta uma visão global do processo e conseqüentemente não auxilia no processo de aprendizagem dos alunos (KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005)

Face ao exposto, alguns autores (KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005; LEAL, 2017) defendem a ideia de trabalhar conceitos estruturantes em uma única série antes de trabalhar Genética, visto que isso facilitaria a visão global do aluno e, conseqüentemente, contribuiria para o seu entendimento e a sua melhor relação entre os temas de Genética. Dentre esses conceitos estruturantes, pode-se observar: Biologia Celular, Biologia Molecular (DNA, transcrição e tradução), Divisão Celular (mitose e meiose) e Gametogênese (formação de gametas na reprodução sexuada). Cabe ressaltar que uma das turmas da presente pesquisa ainda está no primeiro ano do Ensino Médio, não tendo tido ainda o conteúdo de herança Mendeliana abordado em sala, o que favorece assim a dificuldade na elaboração de uma resposta para esse questionamento.

A outra categoria observada nessa pergunta foi “**Expressão do Gene**”, onde fora possível observar relações entre o gene e a herança, mesmo entre os alunos de primeiro ano. Para essa relação, foram observadas respostas tais como: “pois precisaria saber se **o genótipo que determina se o cabelo será liso ou cacheado é recessivo ou dominante**. E para confirmarmos também precisaríamos **dos genomas dos pais** (A10)”; “Independente dos pais terem cabelo cacheado, eles podem ter **o gene neles que não foi manifestado porque o cabelo cacheado é a característica dominante** (pelo que eu lembro essa é a palavra). Por isso acredito que sim, o filho pode ter cabelo liso (E15)”. Ambas apresentaram inclusive conceitos científicos, tais como o conceito de dominância e recessividade, bem como, genomas e genótipo.

A seguinte unidade de contexto que se segue foi observada entre os alunos de 3º ano, apresentando inclusive conceitos de heterozigose e possibilidade no sentido de probabilidade: “Caso a **característica de cabelo liso seja dominante e o casal seja heterozigoto (Possuir antepassados com cabelo liso), há a possibilidade da criança nascer com o gene recessivo e possuir cabelo liso também (E1)**”. Porém esta apresenta um pequeno erro, pois quando E1 fala de o cabelo liso ser dominante e o casal ser heterozigoto, dessa forma existiria a probabilidade de a criança nascer com cabelo liso. Entretanto, sabe-se que se a característica de cabelo liso fosse dominante – o que não é o caso – mesmo em homozigose haveria manifestação do gene.

O interessante dessa questão e de suas respostas é observar que grande parte dos alunos acertou a resposta ao dizer que é possível uma criança herdar uma característica distinta dos pais e que isso pode ser oriundo do fato que o tema abordado na questão é um dos facilitadores do aprendizado em Genética. A utilização de características humanas em questões ou em aulas de Biologia favorece o aprendizado e chama a atenção dos alunos, pois pode-se personalizar o tema e utilizar questões pessoais do aluno, assim como utilizar um cenário de referências facilmente observadas no senso comum (BAIOTTO; LORETO, 2018). Novak (2011) também já afirmara que a utilização de características observáveis neles mesmos no momento da contextualização propicia uma melhor significação dessa aprendizagem.

Dentre as respostas que alegaram “não”, um casal de cabelos cacheados não pode ter descendente de cabelo liso, 28,1% dos primeiranistas e 13,3% dos terceiranistas, as análises permitiram, para as duas turmas, a criação de uma única categoria denominada “**Impossibilidade de Herança Genética**”, observadas nos quadros 9 e 10, a seguir.

Quadro 10 – Categorização das respostas Não de alunos do 1º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.

Questão: Utilizando seus conhecimentos de Genética, você diria que um casal em que ambos possuem cabelos cacheados podem ter um(a) filho(a) de cabelo liso?	
Tema: Aplicação dos conhecimentos em Genética	
Categoria	Unidades de Contexto
Impossibilidade de Herança Genética	<p>Pois com base na genética do casal o filho não pode simplesmente nascer com a genética tão desigual aos pais (A3)</p> <p>Não, pois os pais da criança tem cabelo cacheado. Por causa da genética, que a mãe e o pai passam pro filho (A7)</p> <p>Pelo que sei (popularmente), dá para a criança nascer com cor de olhos e cabelos diferentes, mas nunca ouvi falar sobre tipo de cabelo, então marquei "não" (A20)</p> <p>Os dois componentes do casal possuem cabelos cacheados. Acho complicado eles terem um filho com cabelo liso devido a hereditariedade (A24)</p>

Fonte: Autora

Quadro 11 – Categorização das respostas Não de alunos do 3º ano sobre a pergunta de tipo de cabelo.

Questão: Utilizando seus conhecimentos de Genética, você diria que um casal em que ambos possuem cabelos cacheados podem ter um(a) filho(a) de cabelo liso?	
Tema: Aplicação dos conhecimentos em Genética	
Categoria	Unidades de Contexto
Impossibilidade de Herança Genética	<p>Pois ambos, tanto o pai quanto a mãe possuem o mesmo tipo de cabelo (cacheado) (E5)</p> <p>Acredito que o material genético não irá se mutacionar, ocorrendo uma mudança genética (E9)</p> <p>O filho não possui o gene do cabelo liso (E13)</p> <p>Pois ele(a) terá 100% do gene para cabelo cacheado (E29)</p>

Fonte: Autora

Os alunos relataram, de maneira quase unânime que, uma vez que os genitores possuem cabelo cacheado, os filhos devem nascer com o mesmo tipo de cabelo. Isso demonstra dificuldade na compreensão do tema, visto que já fora debatido nos últimos parágrafos os alunos terem dificuldade em relacionar os conteúdos que envolvem a Genética e a herança Mendeliana. Tal complexidade de compreensão dos alunos pode ser justificada exatamente pela ligação direta com outras áreas da Biologia, como meiose e formação de gametas, ou mesmo pela terminologia própria da área (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018), assim como pela mistificação do conteúdo

observada em decorrência do intenso debate dos assuntos na mídia, o que acaba por interferir às vezes no processo de aprendizagem (ARAÚJO, *et al*, 2018).

A unidade de contexto “Acredito que **o material genético não irá se mutacionar**, ocorrendo uma mudança genética (E9)” foge um pouco das outras respostas, visto que traz uma clara concepção errada, a qual é vista também na literatura como “*misconception*”, pois o aluno traz o conceito de ausência de mutação para justificar a não herança da característica genética observada. Muitas vezes tais equívocos advêm de uma construção baseada em uma experiência pessoal, fora do contexto científico/escolar, o que é por vezes difícil de reconstruir, dado que depende do aluno, diante da apresentação do conteúdo correto, ter o pensamento crítico para reavaliar suas próprias concepções prévias e caso julgue necessário ressignificá-las (SHAW, *et al*, 2008).

O objetivo, na décima primeira pergunta, era saber: “Você tem acesso a notícias que envolvem a área de Genética e são veiculadas pela mídia?”, posto que a mídia tem retratado a temática de forma recorrente e acessar essas notícias pode despertar o interesse do aluno em buscar pesquisar e abordar o tema ao longo das aulas com colegas e professores. As respostas nos permitiram notar que as notícias são acessadas pelos alunos, pois 67% e 77% dos alunos de 1º e 3º ano, respectivamente, responderam afirmativamente à pergunta, ao passo que 31% e 23%, também de 1º e 3º ano, na sequência, responderam que não.

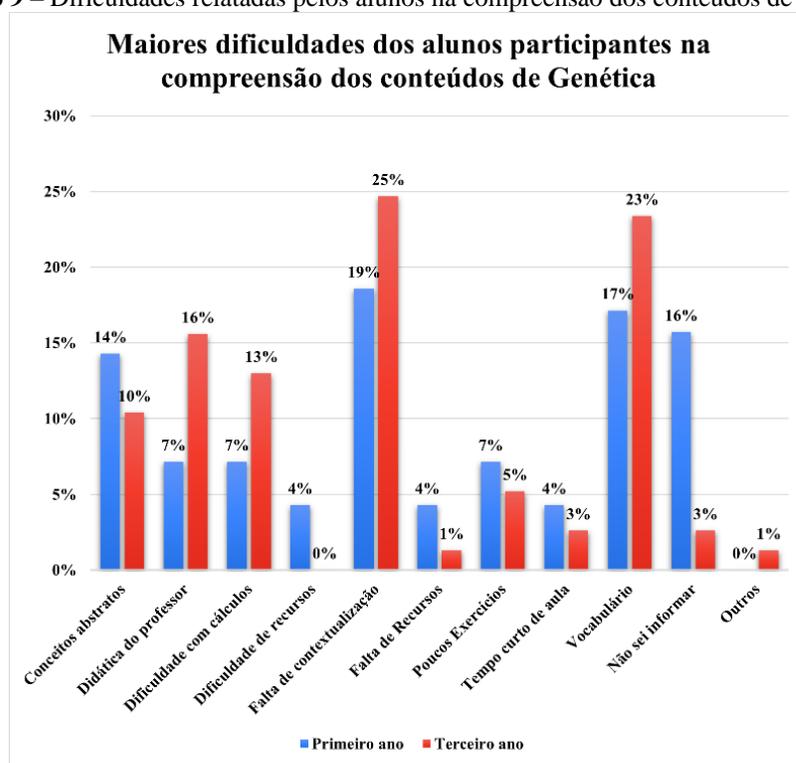
Já fora apresentado ao longo dessa tese que a Genética é uma das áreas de maior dificuldade entre os alunos de Ensino Médio. Nessa perspectiva, a décima segunda pergunta apresentada aos alunos respondentes foi: “Na sua opinião, quais são as maiores dificuldades na compreensão dos conteúdos de genética?”. Os resultados obtidos podem ser observados no gráfico 9 e, dentre as respostas mais citadas, observamos “a falta de contextualização (abordar os assuntos com exemplos práticos do dia-a-dia)”, com 19% de respondentes do 1º ano e 25% de alunos respondentes do 3º ano, respectivamente; “o vocabulário”, citado por 17% de alunos do 1º ano e 23% de alunos do 3º ano, na sequência; “a didática do professor”, mencionada por 14% dos primeiranistas e 10% entre os terceiranistas, respectivamente; e como quarto mais citado figurou “os conceitos abstratos”, apontado por 14% dos calouros do Ensino Médio e 10% de alunos do 3º ano.

Borges Silva e Reis (2017), ao analisarem dados de concepções de estudantes sobre as leis de Mendel, obtiveram resultados semelhantes no que concerne a dificuldade observada com

vocabulário específico e utilização de termos parecidos para designar eventos distintos. Os autores ainda mencionam em seu trabalho que é muito difícil ocorrer a compreensão dos processos sem o pleno entendimento dos nomes envolvidos.

Dados similares puderam ser observados no trabalho de Aguiar e Castro (2020), que relatam um estudo de caso em um município do Piauí. Os autores, ao questionarem as maiores dificuldades dos discentes no aprendizado de Genética, observaram que dentre as dificuldades mais citadas estão: termos difíceis, distanciamento da realidade e metodologia do professor.

Gráfico 9 – Dificuldades relatadas pelos alunos na compreensão dos conteúdos de Genética.



Fonte: a autora

Em virtude da necessidade de mudança na dinâmica escolar e das aulas devido à exigência cada vez maior de uma conexão e aplicabilidade do conhecimento, observamos que a contextualização pode contribuir para aproximar ainda mais a prática docente do aluno (ELIAS; RONQUIM, 2020). Dentre as áreas de conhecimento científico, é perceptível que a Genética apresenta amplo alcance nos veículos midiáticos, como já fora falado, devido às abordagens de diferentes temas, dentre eles, alguns de cunho polêmico, como transgenia, agricultura, terapia

gênica, entre outros. Nesse cenário, é importante que a contextualização seja realizada como apontado pelos alunos da presente pesquisa para que exista uma mediação na construção desse conhecimento.

VALADARES (2011) salienta que o conhecimento se constrói mediante as interações ocorridas entre objeto e sujeito, ao passo que o autor defende a construção de conhecimento mediante o compartilhamento de significados, sendo que esse compartilhamento pode ser facilitado pelo docente nas mediações em sala de aula com notícias que abarquem diferentes conteúdos a serem trabalhados naquela aula.

Na décima terceira pergunta, tencionamos verificar a concepção sobre um dos termos mais utilizados no ensino de Genética, que é o DNA. A análise e a interpretação das respostas nos permitiram extrair o mesmo tema para ambas as turmas estudadas, o qual foi: “**Concepções discentes sobre DNA**”. As respostas do 1º ano foram divididas em duas categorias e as do 3º ano em três, conforme os quadros 11 e 12, respectivamente.

Quadro 12 – Categorização das respostas sobre a concepção dos alunos de 1º ano sobre o conceito de DNA.

Tema: Concepções sobre DNA	
Questão: O que é DNA para você?	
Categorias	Unidades de Contexto
Informação/ Instrução Genética	<p>Aquela escadinha em espiral que tem as informações mais importantes sobre você (A1)</p> <p>O dna pra mim é também a Genética da pessoa, é algo que vem dos parentes da família da pessoa (A4)</p> <p>Um composto que contém as características hereditárias (A12)</p> <p>Eu acho que é o lugar onde fica guardado as características de um ser vivo (A13)</p> <p>É aonde estão as minhas características, que foram passadas dos meus pais para mim (A16)</p> <p>O DNA coordena o desenvolvimento e funcionamento de todos (A19)</p> <p>Proteína que faz a caracterização do seu corpo (A22)</p> <p>Todo mundo possui e dentro dele está todas (a maior parte...) as características da pessoa (A24)</p> <p>O ácido desoxirribonucleico é um composto orgânico cujas moléculas contêm as instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos e alguns vírus, e que transmitem as características hereditárias de cada ser vivo (A26)</p> <p>Material genético presente em nosso organismo que mostra sobre minha hereditariedade, ou seja, junção de genes dos meus pais (A27)</p> <p>uma molécula presente no núcleo das células dos seres vivos que carrega toda a informação genética de um organismo (A31)</p>
Terminologia	<p>Deoxyribonucleic acid em ingles, ou em portugues ácido desoxirribonucleic (A10)</p> <p>Ácido desoxirribonucleico (A11)</p> <p>Ácido desoxirribonucleico (A28)</p>

Fonte: Autora

Quadro 13 – Categorização das respostas sobre a concepção dos alunos de 3º ano sobre o conceito de DNA.

Tema: Concepções sobre DNA	
Questão: O que é DNA para você?	
Categorias	Unidades de Contexto
Informação/ Instrução Genética	<p>Ajuda na formação das nossas características (E1) É o que carrega as características de cada ser vivo (E2) Código genético do nosso corpo (E9) Todas as características genéticas de um ser vivo (E10) Como disse anteriormente na minha resposta sobre genética, é uma molécula semelhante a uma mola herdada de nossos pais que tem toda a informação para fazer nosso corpo funcionar (E15) DNA contém todas as informações genéticas, é isso faz com que ele comande o funcionamento e desenvolvimento humano (E16) É onde fica guardado nosso código genético e contém nossas características, e esses podem ser categorizados (E17) O que guarda os dados do nosso organismo, externa e internamente (E21) Acho que a definição que mais faz sentido para mim é o material genético que codifica o ser humano (E22) É uma sequência de informações que os seres vivos recebem através de um parente ou ancestral para formar o corpo biológico (E24) É como se fosse nossa bolsa de carga genética, onde iremos achar nossa herança genética (E27) É o material genético responsável pela "manifestação" das características herdadas pelos genes (E28)</p>
Característica estrutural do DNA	<p>Sequência de nucleotídeos (E3) Material genético de dois filamentos composto por: Citosina, Guanina, Timina e Adenina (E7) É um ácido nucleico que possui os genes (E13) DNA para mim, são 2 fitas que se complementam formando uma sequência, com várias opções de código (ATCG) (E23) É um ácido nucleico que armazena a informação genética dos seres vivos (E29)</p>
Autorreconhecimento da relação DNA/corpo	<p>DNA é a parte onde nós estudamos o nosso desenvolvimento e a nossa genética (E11) DNA é o que nós somos. Ele que mostra nossas características (E14) É quem eu sou, algumas de minhas características (E20)</p>

Fonte: Autora

A BNCC destaca, dentro das competências específicas para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, a importância do conhecimento dos seres vivos com relação a sua conformação e funcionamento e, mais especificamente no ensino de Genética, reitera que: “explorar como os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados às aplicações do conhecimento sobre DNA e células pode gerar debates e controvérsias – pois, muitas vezes, sua repercussão extrapola os limites da ciência, explicitando dilemas éticos para toda a sociedade” (BRASIL, 2018, p. 554).

Dentre os assuntos mais relevantes da Genética, destaca-se o DNA, que de tanta veiculação na mídia, acabou por transpassar os muros escolares. Seu modelo em dupla hélice é supostamente uma das formas mais representadas na atualidade, associada a produtos comerciais e muito utilizada como ícone da Ciência (JANN; LEITE, 2010). A relação observada entre a molécula de DNA e as informações que ela traz para a constituição do ser foram apontadas pelos alunos nas unidades de contexto que compuseram a 1ª categoria de resposta tanto para o 1º ano do Ensino Médio quanto para o 3º ano. Essa categoria recebeu o nome de: **“Informação/ Instrução Genética”**.

O conceito de DNA é abstrato (TEMP, 2018) e nos chamou atenção as respostas na 1ª categoria as quais conseguiram relacionar a molécula com sua função (de forma superficial), mesmo sem estabelecer a relação DNA x proteína. Dentre essas respostas, podemos destacar duas unidades de contexto, uma de um aluno de primeiro ano, que reportou “O ácido desoxirribonucleico é um composto orgânico cujas moléculas contêm as **instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos** e alguns vírus, e que transmitem as características hereditárias de cada ser vivo (A26)”, além de um terceiranista: “**É o material genético** responsável pela **‘manifestação’ das características herdadas** pelos genes (E28)”.

A segunda categoria que emergiu das análises das respostas dos alunos do 1º ano foi **“Terminologia”**. Nessa categoria apenas foram inseridas as respostas que tão somente citavam a decodificação da sigla DNA. Essa última categoria fora analisada de forma conjunta com a segunda categoria entre os alunos do 3º ano, que foi **“Característica estrutural do DNA”**. Tanto na primeira classificação quanto nessa segunda, é perceptível que os estudantes somente abordavam a terminologia ou a estrutura da molécula, não fazendo correlação com sua função, tal qual observado na análise da primeira categoria descrita. Esses últimos dados corroboram àqueles observado no estudo de Saka e colaboradores (2006), que também observaram que os alunos faziam referências à estrutura e à composição do DNA, mas falhavam na descrição de suas funções.

Essa dificuldade de estabelecer relações entre a molécula, a meiose, a variabilidade genética e a hereditariedade é perceptível entre os alunos da mesma forma que o modelo dupla hélice que demanda conhecimento de forma e função a fim de ser compreendido (ANDRADE; CALDEIRA, 2009), da mesma forma que conseguimos observar explicações próprias para explicar fenômenos científicos. Entretanto, a inexistência de conexões entre os conceitos – também já descrito aqui –

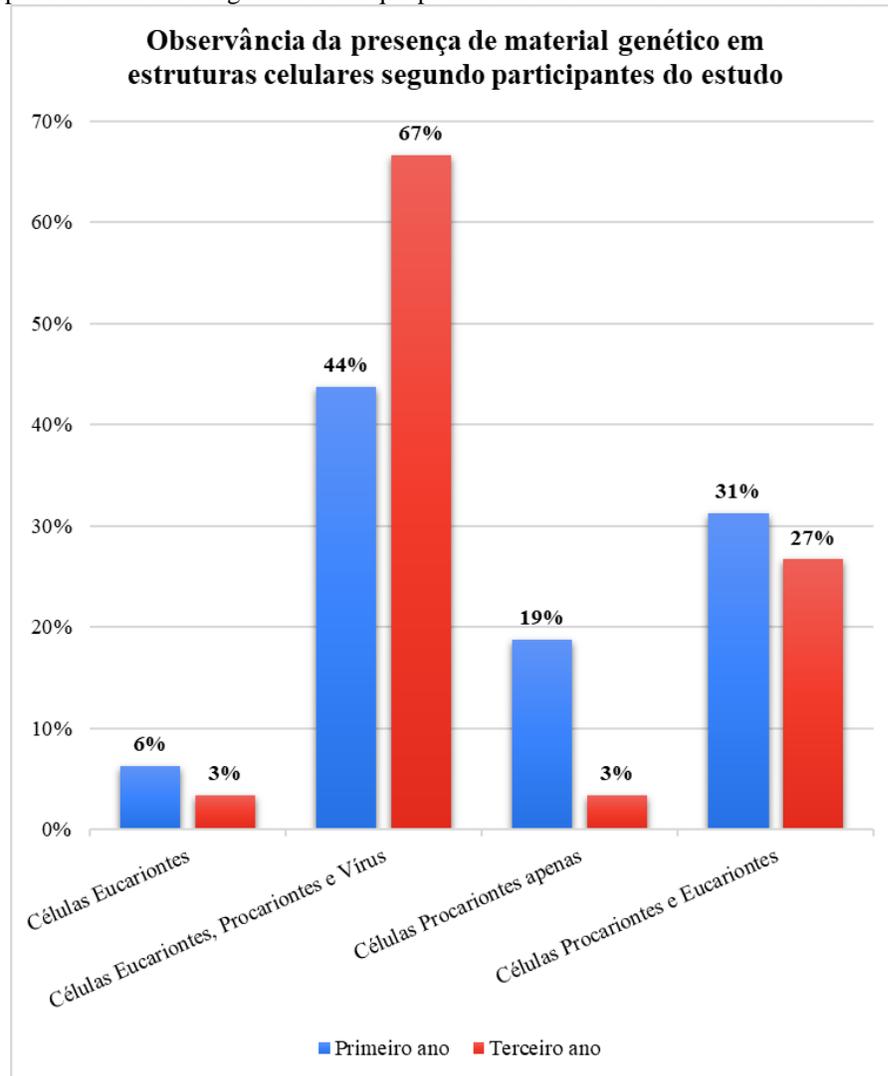
ou as conexões construídas de maneira incorreta, tornam as explicações incompletas e, inclusive, muitas vezes inconsistentes (PEDRANCINI, *et al* 2007).

A análise das respostas do 3º ano ainda nos brindou com uma última categoria, classificada como “**Autorreconhecimento da relação DNA/corpo**”. A percepção de se inserir no processo foi uma grata surpresa, visto que dois terceiranistas se incluíram e entenderam o DNA como também parte de quem eles são. Destacamos a seguinte unidade de contexto: “DNA é o que nós somos. Ele que **mostra nossas características** (E14)”.

Pudemos observar, de forma mais evidente, uma visão antropocêntrica da vida nessa última categoria, ao fazer uma análise da 1ª categoria que versava sobre “**Informação/ Instrução Genética**”, como se fôssemos o centro de todo o processo. De certa forma isso pode ter sido também influência da mídia – ou até de aulas de Ciências que abordam tal visão. No trabalho de Barbosa e colaboradores (2015), os autores também observaram essa visão ao fazerem o questionamento de onde fica o DNA, tendo um estudante respondido que “o DNA se encontrava em cada cidadão”.

Após questionar os alunos acerca da definição de DNA, foi feita uma nova pergunta – a décima quarta – sobre onde o material genético, DNA ou RNA, poderia ser encontrado, ou seja, de forma mais específica, que tipo de célula ou de microrganismo, até mesmo para perceber se o entendimento deles ia além da definição do termo. Os resultados apresentados no gráfico 10 demonstraram que 67% e 44% (3º ano e 1º ano, respectivamente) marcaram a opção correta, que o material genético é encontrado tanto nas células eucariontes quanto nas procariontes e nos vírus. Contudo, 27% e 31% (3º e 1º anos, na sequência) desconsideraram os vírus, como se o fato deles serem acelulares também culminasse na ausência de material Genético, ao passo que 3% e 19% (3º e 1º ano, respectivamente) reportaram que o material genético só é encontrado em células procariontes. Por fim, 3% e 6% (3º e 1º ano, na ordem) marcaram que somente as células eucariontes possuem o material genético.

Gráfico 10 – Tipos celulares/ microrganismos em que podem ser encontrados material Genético na visão dos alunos.



Fonte: a autora

MAYR (1998) já rememorou que a citologia se desenvolveu em conjunto com a Genética mendeliana e a evolução das espécies entre os anos de 1870-1880. Porém, as áreas envolvidas em conjunto com os processos de ensino e aprendizagem não dialogaram, deixando isso para as pesquisas que viessem a surgir. Hoje sabe-se que são conceitos indissociáveis, no entanto, essa separação observada nos currículos brasileiros demanda do docente uma forma de trabalhar os conceitos de forma conjunta, uma vez que se a Citologia for trabalhada de forma fragmentada, será vista pelos alunos no primeiro ano, ao passo que Genética e Evolução no terceiro, apenas, com os

seres vivos e os vírus trabalhados no segundo ano. Talvez isso explique a maior dificuldade dos alunos em identificar os vírus como detentores de material genético.

Outro ponto a salientar é o já retratado: aprendizado somente do significado dos termos, não de suas especificidades e funções. Isso foi observado no estudo de Silveira e Amabis (2003), onde alguns alunos afirmaram que “todas as células possuem material hereditário”, porém não conseguiam afirmar que neurônios ou células epiteliais possuíam cromossomos, genes ou DNA. Isso contribui ainda mais para essa reflexão necessária: como está sendo conduzido esse processo de ensino?

Diante dessas inquietações, optamos por analisar a décima sétima pergunta do questionário, que também versa sobre o DNA, ainda que nos desviássemos da ordem das perguntas, mas sempre com o norte de continuidade do processo reflexivo. Nessa pergunta, foi solicitado aos estudantes que explicassem a relação entre DNA e síntese de proteínas.

Essa indagação deixou de ser respondida por muitos alunos. Então, antes de apresentarmos os dados, cabe dizer que, dentre os primeiranistas – um total de 32 alunos – apenas 9 tentaram responder à questão, limitando-se a escrever tão somente “não saber a relação”. Entre os alunos de 3º ano – um grupo de 30 indivíduos – apenas 13 buscaram responder à questão. Os demais também se restringiram à “não saber a relação”. Após a análise das respostas por tematização, observados nos quadros 13 e 14, respectivamente, obtivemos um único tema: “**Tradução do DNA em Proteína**”.

Quadro 14 – Categorização das respostas dos alunos de 1º ano sobre a relação entre DNA e proteínas.

Tema: Tradução do DNA em Proteína	
Questão: Explique a relação entre o DNA e a síntese de proteínas:	
Categorias	Unidades de Contexto
Papel do DNA na produção de proteínas	<p>o DNA controla a síntese de proteína (A10)</p> <p>O DNA controla a síntese de proteínas que participam de enzimas do metabolismo celular (A14)</p> <p>É ele que passa as informações para o síntese (A22)</p> <p>Na síntese proteica, a informação contida no DNA é transcrita para o RNAm e, em seguida, traduzida numa sequência de aminoácidos, formando a proteína. A síntese proteica é o processo de formação das proteínas (A26)</p> <p>O DNA determina a síntese proteica, utilizando o mecanismo de produção de proteínas (A28)</p> <p>O DNA é o material genético encontrado no núcleo da célula que em sua composição encontra-se adenina, guanina, citosina e timina em seu nucleotídeo que se traduz em proteína. ... Por isso, o DNA através da transcrição para o RNA controla a síntese de proteínas as quais participam enzimas do metabolismo celular (A31)</p>

Fonte: Autora

Quadro 15 – Categorização das respostas dos alunos de 3º ano sobre a relação entre DNA e proteínas.

Tema: Tradução do DNA em Proteína	
Questão: Explique a relação entre o DNA e a síntese de proteínas:	
Categorias	Unidades de Contexto
Papel do DNA na produção de proteínas	<p>O DNA se agrupa em códons e eles produzem proteínas que dão as nossas características. Dependendo dos códigos e dos códons formados, podem ter mutações genéticas (E1)</p> <p>O dna é quem possui o códon, <u>que se juntará a um anti-codon</u> e formará a proteína (E3)</p> <p>O DNA possui as suas bases nitrogenadas e nelas possuem uma síntese de proteínas (E5)</p> <p>A síntese de proteínas é a tradução do DNA (E6)</p> <p>Para que a síntese de proteínas ocorra é preciso do DNA, que é transcrito para o RNAm, depois é realizada a tradução formando a proteína (E13)</p> <p>A síntese proteica faz parte de composição do DNA. <u>Adenina, timina, guanina e citosina são exemplos de proteínas</u> (E14)</p> <p>O DNA gera um RNA que é responsável pela síntese proteica (E19)</p> <p>Por meio da sequência do DNA a célula decodifica e sabe quais as proteínas necessárias (E21)</p> <p>O DNA possui o RNA mensageiro que faz a síntese de proteínas, a partir de adenosinas, guaninas, citosinas, etc, onde se formam aminoácidos que nada mais são que a base para construção de proteínas (E25)</p> <p>O DNA é basicamente onde se localiza nossa carga genética e síntese de proteínas é a transcrição, tradução desse DNA (E27)</p> <p>É o mecanismo de produção de proteínas determinado pelo DNA (E30)</p>

Fonte: Autora

É preciso que nos atentemos sobre esse expressivo número de alunos que sinalizou não saber a relação existente entre DNA e proteínas, apesar de muitos deles terem conseguido definir a molécula de DNA, terem identificado em quais tipos celulares e microrganismos o material genético se encontra, ainda que não tenham sido capazes de ir além. Nessa perspectiva, Vygotsky (2001) salienta que os conceitos científicos não se constroem no aluno tão logo ele se apropria da palavra e do conceito que essa palavra exprime. O mesmo termo pode ser apresentado pelo aluno com diferentes significações e isso nos leva, novamente, ao pensamento de uma renovação nos modelos de ensino, pois um ensino focado em definições e terminologias – abstratas em sua maioria – acaba resultando em um déficit no processo de aprendizagem (PEDRANCINI, *et al* 2007).

Não nos cabe aqui apontar um fator único para identificarmos as causas de tais dificuldades na aprendizagem de Genética e/ou na correlação desses conceitos, até porque muitos são os pontos a serem analisados, desde carga horária reduzida, currículo fragmentado, falta de modelos didáticos que proporcionem uma melhor visualização dos processos, entre outros (SILVA; NASCIMENTO; LOPES, 2014).

A importância jaz na compreensão desse processo pois, apesar de a molécula de DNA ser fundamental nos processos de determinação das características genéticas, são as proteínas – não o DNA – as biomoléculas que regulam e sinalizam o funcionamento celular. O grau de organização delas vai desde a divisão celular até a morte celular, passando pela sua manutenção. Diante disso, compreender como as proteínas são produzidas, bem como a relação do DNA na sua síntese é de fundamental importância para a compreensão de vários outros aspectos da Biologia (LAZZARONI; GERLINDE, 2017).

Mesmo com formas de grafia distintas, dentre os alunos que conseguiram responder, nas duas turmas do estudo, os sentidos dessas respostas foram muito similares, levando-nos a criar apenas uma categoria chamada “**Papel do DNA na produção de proteínas**”. Algumas das unidades de contexto observadas mostram o entendimento, por parte do aluno, do processo como um todo, tais como: “Na síntese proteica, **a informação contida no DNA é transcrita para o RNAm e, em seguida, traduzida numa sequência de aminoácidos, formando a proteína**. A síntese proteica é o processo de formação das proteínas (A26)” e “Para que a síntese de proteínas ocorra **é preciso do DNA, que é transcrito para o RNAm, depois é realizada a tradução formando a proteína** (E13)”, citadas por alunos do 1º e do 3º ano respectivamente.

Essa relação da molécula de DNA que codifica um RNA-mensageiro e ele, por sua vez é traduzido em proteínas, Watson e Crick chamaram de dogma central da Biologia, representado aqui na figura 11 – que faz referência a informação genética duplicada a uma nova molécula de DNA, como também traduzida em uma proteína. O objetivo desse dogma era transpor, de uma maneira mais simples, as complexas relações entre as macromoléculas (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004).

Figura 11 – Dogma Central da Biologia.



Fonte: Autora

Muitos alunos ainda têm dificuldade em entender o dogma. Isso foi perceptível na nossa pesquisa, tanto pelos que não conseguiram construir uma resposta quanto por algumas “*misconceptions*” observadas entre as unidades de contexto. Por exemplo: “**A síntese proteica faz**

parte de composição do DNA. Adenina, timina, guanina e citosina são exemplos de proteínas (E14)”, onde um aluno do terceiro ano confunde as bases nitrogenadas com proteínas. Ele faz a seguinte afirmação: “O dna é **quem possui o códon, que se juntará a um anti-codon e formará a proteína** (E3)”, que faz confusão com o conceito de códon, que é uma sequência de três bases nitrogenadas de RNA mensageiro, não uma estrutura parte do DNA.

Os dados obtidos nessa questão são corroborados por Sant Anna (2017) em sua dissertação de mestrado. A autora propôs a utilização de metodologias diversificadas para estimular um maior interesse por parte dos alunos em temáticas como: Citologia, DNA e Síntese de proteínas. Assim sendo, a autora propôs que os alunos respondessem a uma questão que continha uma analogia sobre receita de bolo e o processo de síntese de proteínas no enunciado. De todos os alunos das duas aulas trabalhadas pela autora, apenas um aluno respondeu. Os demais deixaram a questão em branco, sinalizando a dificuldade observada no estabelecimento dessas conexões.

Com o intuito de analisar se os alunos conseguem conectar outro tema fundamental ao ensino de Genética a décima quinta questão fora desenvolvida, aludindo sobre a Mitose e Meiose como dois processos de divisão celular fundamentais para auxiliar na compreensão dos temas de Genética. O comando da questão solicitava que eles explicassem, com as próprias palavras, o que são esses conceitos. Novamente foi observado um número de alunos que alegaram não saberem a resposta. De maneira mais específica, entre os 32 estudantes de 1º ano, 25 responderam o referido questionamento e, desses, 5 apresentaram “*misconceptions*”. Já entre os alunos de 3º ano, 24 deram resposta à questão, havendo 4 “*misconceptions*”. O tema obtido nas duas turmas oriundo das respostas foi “**Conhecimento sobre Divisão celular**” e as respectivas análises podem ser observadas nos quadros 15 e 16, respectivamente.

Ao refletirmos sobre essa última questão, é inerente retomarmos à problemática curricular existente no Ensino Médio, no qual os conteúdos de ácidos nucleicos e divisão celular são usualmente trabalhados no primeiro ano, enquanto a Genética está no terceiro ano (AMORIM, 2001). Isso resulta em dificuldade já relatada anteriormente no nosso texto sobre a falta de uma visão global dos processos de divisão celular, estrutura, localização e função do material genético. Tal fato cria um vácuo para o não entendimento da relação existente entre os processos de divisão celular à transmissão dos caracteres hereditários (SCHEID; FERRARI, 2006). Talvez isso explique o número de alunos que não responderam, os que apresentaram as “*misconceptions*” e ainda os que

responderam de forma mais superficial, se atendo a números de células originadas e não à visão global do processo de divisão celular.

Quadro 16 – Análise das respostas sobre o conhecimento dos alunos de 1º ano sobre o tema Mitose e Meiose.

Tema: Conhecimento sobre Divisão celular	
Questão: Mitose e Meiose são dois processos de divisão celular fundamentais para auxiliar na compreensão dos temas de Genética. Explique com suas palavras o que são eles:	
Categorias	Unidades de Contexto
Reprodução Celular	<p>Mitose e meiose é um processo de divisão celular, em que uma célula-mãe, se divide "celularmente" gerando células filhas (A9)</p> <p>Mitose e meiose são processos de reprodução celular, por meio de divisão celular (A11)</p> <p>Na mitose a célula se divide em duas. E na meiose se divide em 4 (células filhas) (A13)</p> <p>Na Mitose a célula se divide em dois já na Meiose em quatro (A17)</p> <p>Não me lembro muito bem, mas o que eu lembro é que na Mitose a o resultado são duas células, e na Meiose quatro células são produzidas (A20)</p> <p>Mitose: cada mitose produz duas células iguais a de origem. Meiose: a meiose cria 4 células com metade do material genético da célula mãe (A21)</p> <p>Mitose é uma divisão celular, gera células iguais à célula mãe e acontece a vida toda; E a meiose são duas divisões celulares, elas têm variedades genéticas e com meia parte do DNA da célula mãe (A23)</p> <p>Mitose é quando a célula se divide em duas e meiose é quando a célula mãe se divide em 4 com a metade de seu material genético (A30)</p> <p>Mitose e meiose são processos de reprodução celular que acontecem nos seres vivos... Cada mitose produz duas células iguais à de origem (A31)</p> <p>A mitose produz células iguais de origem e a meiose produz células com a metade do material genético (A32)</p>

Fonte: Autora

Quadro 17 – Análise das respostas sobre o conhecimento dos alunos de 3º ano sobre o tema Mitose e Meiose.

Tema: Conhecimento sobre Divisão celular	
Questão: Mitose e Meiose são dois processos de divisão celular fundamentais para auxiliar na compreensão dos temas de Genética. Explique com suas palavras o que são eles:	
Categorias	Unidades de Contexto
Reprodução Celular	<p>São processos de reprodução celular, a mitose gera duas células com a mesma quantidade de material genético que a célula de origem e a meiose gera quatro com a metade do material genético (E6)</p> <p>Forma de reprodução através da divisão celular (E7)</p> <p>Mitose: 2 células iguais. Meiose: 4 células (E8)</p> <p>Mitose é quando a célula se multiplica em duas novas exatamente iguais, meiose eu n lembro muito bem (E12)</p> <p>Na mitose dá origem a duas células iguais à célula mãe. Na meiose forma-se quatro células filhas com a metade do material genético (E13)</p> <p>Mitose é a multiplicação celular durante a vida. Meiose é a divisão celular para formação de gametas (E14)</p> <p>A mitose origina duas células iguais a inicial, o que acho que significa ter o mesmo número de cromossomos. Enquanto a meiose tem duas divisões que geram 4 células com metade do material genético (E15)</p> <p>Mitose e meiose acontecem em muitas células do nosso corpo. A mitose origina 2 células filhas idênticas a célula mãe e a meiose origina 4 células filhas com metade dos cromossomos da célula mãe (E18)</p> <p>Mitose: as células filhas apresentam a mesma quantidade de material genético que a célula mãe. Meiose: as células filhas apresentam metade da quantidade de material genético da célula mãe (E19)</p> <p>Mitose se divide uma célula 2n em duas iguais 2 n e meiose uma célula 2n em 4 células n (E21)</p> <p>Não consigo me recordar exatamente o que é cada um, mas sei que em um processo de divisão se produz células com o material genético idêntico ao da célula-mãe, e o outro não (E22)</p> <p>São formas de reprodução celular, tanto para gerar tecidos e órgãos normais ou então para gerar reprodução sexual (E25)</p> <p>Meiose é uma célula que irá de dividir em 4 partes com metade do DNA e mitose 2 partes com Todo o DNA correspondente a célula mãe (E25)</p> <p>Mitose é a divisão celular geral, onde a célula filha terá os mesmos números cromossomos e será uma cópia da célula mãe . a meiose só ocorre nos gametas e a célula filha terá metade do número de cromossomos da mãe (E26)</p> <p>A mitose é quando as duas células que serão formadas terão a mesma quantidade da sua célula-mãe. Já a meiose é a divisão daquele material genético na qual as células filhas terão metade de sua carga genética...(E27)</p>
Papel na criação de novas vidas	São divisões de informações para a “criação” de um novo Ser (E16)

Fonte: Autora

A unidade de contexto “Não me lembro muito bem, mas o que eu lembro é que **na Mitose a o resultado são duas células, e na Meiose quatro células são produzidas** (A20)”, observada na categoria “**Conhecimento sobre Divisão celular**” e extraída das respostas dos alunos de 1º ano, retrata bem o que acabamos de pontuar. O estudante em questão somente “gravou” o número de

células, assim como outros que somente retratam o número de células geradas, como em “Na **Mitose a célula se divide em dois já na Meiose em quatro (A17)**”.

Um ponto importante a ser ressaltado é que o conteúdo de divisão celular havia sido recém trabalhado com as turmas de primeiro ano e, mesmo assim, as respostas foram aquém da complexidade, o que acaba por corroborar com a tese de que Genética figura entre os temas mais difíceis quando os alunos são questionados no Ensino Médio. Dentre as dificuldades observadas, as “*misconceptions*” podem ser encaixadas, e na tabela 3 trazemos algumas delas, extraídas da lista de respostas tanto do 1º quanto do 3º ano.

Tabela 3 – Misconceptions sobre mitose e meiose observadas nas respostas.

Algumas das “ <i>misconceptions</i> ” extraídas das respostas dos alunos do 1º e 3º anos	
A2	Na meiose o microrganismo se divide e se multiplica, na mitose ele precisa de outro microrganismo pra se multiplicar
A16	Na mitose é quando há reprodução sexuada , ou seja, precisa de duas pessoas para gerar um novo ser e meiose é quando a reprodução é assexuada , ou seja, a célula mãe se reproduz sozinha gerando uma outra célula.
E03	Os meios de reprodução das células . Sendo um n e o outro $2n$
E17	Basicamente servem para “embaralhar” o material genético e auxiliar na confecção do novo ser. Até onde me lembro, a mitose da origem a 4 células menores e a meiose se divide em 2, porém depois todos voltam para o lugar
E30	São as divisões das células para formar microrganismos

Fonte: Autora

A análise delas nos trouxe desde equívocos “simples”, como a troca dos termos feita pelo aluno A16, a associação com tamanho observada na resposta do aluno E17, até a divisão celular para a formação de microrganismos (E30), ou condicionar a mitose à necessidade de um microrganismo para se multiplicar (A2). Nota-se que os alunos confundem os conceitos, além de não conseguirem organizar as etapas do processo de divisão celular (BONADIO; PAIVA; KLAUTAU-GUIMARÃES, 2015, p. 04).

A dificuldade desse conteúdo pode estar relacionada à transposição do que pode ser visto como “micromundo”, ou seja, de termos complexos relacionados ao tema para o que podemos chamar de “macromundo”, onde o estabelecimento de relações didáticas entre o aluno e o mundo que o cerca acaba não ocorrendo (LAZZARONI; GERLINDE, 2017). Diante desse contexto, os alunos se tornam espectadores, meros ouvintes de explanações oriundas dos docentes, mas que não chamam a atenção deles (KRASILCHIK, 2008).

Entre as turmas de terceiro ano também foram observados estudantes que citaram apenas o número de células geradas, não conseguindo elaborar melhor a questão. É pertinente pensar que, caso o aluno não tenha conseguido construir um aprendizado a respeito desse assunto, ele acaba não conseguindo encadear de forma lógica e com nexos suas ideias, não compreende o significado de determinado termo, e acaba por não aprender, somente memorizar (MALDANER, 2000); e quando requisitado para escrever de forma concreta, acaba não conseguindo ir muito além.

A seguinte unidade de contexto, “Mitose é uma divisão celular, **gera células iguais à célula mãe** e acontece a vida toda; **E a meiose são duas divisões celulares, elas têm variedades genéticas e com meia parte do DNA da célula mãe (A23)**” foi vista também entre os respondentes de primeiro ano e demonstra um nível maior de elaboração da resposta, conseguindo, inclusive, sinalizar a variabilidade genética observada no processo de *crossing-over* que ocorre em uma das fases da meiose. Porém, a forma de escrita ainda é um pouco confusa, o que dificulta o entendimento.

Perante as respostas classificadas como satisfatórias, podemos perceber o que o Vygotsky (2000) afirmou com relação aos conceitos científicos. Para ele esses conceitos são reelaborados no processo da própria experiência vivida pelo aluno, sobretudo ao entrar em contato com o mundo dos objetos e na associação com conceitos anteriormente formulados. Em suma, pode-se dizer que os conceitos científicos não são decorados pelos alunos, eles advêm de um pensamento de um novo significado individual que acaba se estruturando no decorrer do processo de ensino aprendizagem (ROSSINI; PERINI, 2019).

A dúvida na interpretação dos termos ficou clara na unidade de contexto “A mitose **origina duas células iguais a inicial**, o que acho que significa ter o mesmo número de cromossomos. Enquanto **a meiose tem duas divisões que geram 4 células com metade do material genético (E15)**”. O fato de o estudante achar que o número de cromossomos é igual, mesmo após citar que a mitose origina duas células iguais, nos traz a inquietação se ele entendeu realmente aquele processo, ou se teve uma dúvida no entendimento do que é cromossomo.

Araújo e Gusmão (2017) sinalizou em seu artigo a dificuldade no entendimento de determinados termos. Assim como Belmiro e Barros (2017) tiveram como resultados 76% de erros na questão sobre condensação do DNA. No caso do texto em questão, os termos foram cromossomos e cromátides-irmãs. Como estes são dois termos muito relevantes para o aprendizado

de divisão celular, o autor cita que, uma vez que o estudante compreenda as diferenças existentes entre esses conceitos, ocorrerá uma minimização nas dificuldades e equívocos observados em alguns tópicos da Biologia, dentre eles a divisão celular.

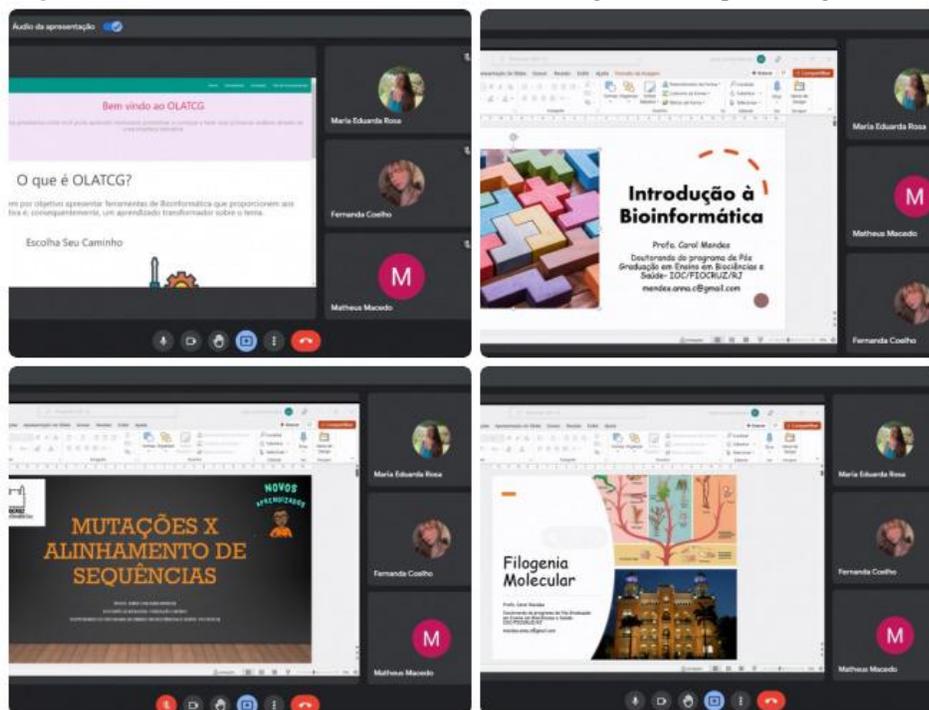
Outra categoria que surgiu entre as respostas dos alunos de 3º ano foi “**Papel na criação de novas vidas**”, com apenas uma unidade de contexto, onde o aluno diz que mitose e meiose “**São divisões de informações para a ‘criação’ de um novo Ser (E16)**”. O discente traz uma ideia de que a divisão precisa ocorrer para que a informação seja repassada aos descendentes. De forma superficial, há algo de verdadeiro na resposta do aluno, visto que na meiose os gametas são formados com metade do número de cromossomos da célula- mãe. Isso nos levanta novamente a questão da contextualização, principalmente em temas abstratos como esse. Uma vez que o aluno, dentro de sala de aula, além do conteúdo científico sobre o ciclo celular da mitose e meiose, pode ser despertado para um interesse maior na temática, quando é viabilizado de forma conjunta a aplicação desse ciclo celular na vida. Porém o que se vê é um constante trabalho com desenhos, massinha, aulas teóricas, em que os alunos não produzem significação desse assunto com a sua vida, dificultando a aprendizagem (CARVALHO, *et al*, 2020).

6.2. Etapa de Validação: análise dos resultados da utilização da bioinformática para a formação de um indivíduo letrado cientificamente

A análise das respostas e atribuição do Nível de Letramento Científico (NLC) (tabela 4) se deu mediante as transcrições das apresentações orais dos três grupos participantes desta etapa de validação da estratégia criada na presente tese (figura 12). Participaram desse momento apenas oito das nove alunas, pois uma estudante do grupo I não pôde estar presente no dia da apresentação, porém desenvolveu o trabalho em colaboração com as demais integrantes.

Durante as apresentações orais, os grupos apresentaram suas análises e suas respostas para as questões-problema indicadas para o seu grupo, visto que cada grupo respondeu uma questão problema diferente.

Figura 12 – Momentos do desenvolvimento da estratégia didática pelo Google® Meet®



Fonte: Autora

Diante das respostas, foi atribuída a moda amostral do NLC para cada grupo e a moda geral por indicador avaliado. Como apontado na metodologia, a moda do NLC é o valor mais repetido de NLC atribuído aos alunos em cada indicador.

Dentre os valores atribuídos de NLC, consideramos 1 o que apresenta menor complexidade dentro das resoluções e habilidades esperadas dentro dos indicadores avaliados, enquanto o nível 4 seria aquele a apresentar respostas com a utilização de habilidades mais complexas. Além de responderem à questão-problema, os estudantes responderam ao final da apresentação a seguinte pergunta: “O que acharam da ferramenta em si e se ela contribui para o aprendizado de Genética”.

Tabela 4 – Níveis de Letramento Científico (NLC) para cada grupo (I, II e III) e moda para cada indicador baseado nos indicadores criados por Lima e Weber (2019).

Grupo	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 5	NLC (Grupo)
I	3	3	3	3	3
II	1	2	1	1	1
III	3	3	3	2	3
Moda do NLC/Indicador	3	3	3	-	-

Fonte: Autora

Os grupos I e III apresentaram nível de letramento científico (NLC) 3, enquanto o grupo II, NLC de 1. O indicador de Linguagem Científica, conforme sinalizado na etapa de metodologia, não foi avaliado por se tratar de uma característica individual.

Quando analisamos o indicador 1 – Percepção da Ciência e da Tecnologia no cotidiano – observamos que o NLC dos grupos foi 3, dado que nos chamou atenção, pois os grupos I e III fizeram menções claras à presença da Ciência no seu dia a dia durante suas respectivas apresentações, como podemos observar nos trechos abaixo:

Algo que nos chamou atenção na questão é dizer que os sintomas de Covid e Influenza são muito parecidos, ali pensamos isso nós sabemos, pois vemos toda hora na notícia da tv ou no Instagram... (Grupo I)

Não sabemos explicar se o fato de os sintomas serem próximos os faz ter ancestral comum, mas achamos bonitinho ver na árvore, principalmente que os de gripe estavam separados dos de covid e parece que tudo começa a fazer sentido em como diagnosticar. Acreditamos que provavelmente no início da covid isso tenha sido feito, tenham comparado as sequências descobertas com sequências já existentes para que pudessem identificar os parentescos e daí sim buscar vacina, entendimento etc. (Grupo I)

Fomos tentando criar uma linha de raciocínio para checar se como dizia a questão todas as cepas apresentadas tinham origem no morcego. Aí pensamos como conseguiríamos ver se todas as cepas eram originadas da cepa do morcego? Talvez por filogenia, já que na escola vimos as árvores que mostravam os ancestrais. Nesse momento até conversamos sobre a xenofobia que estava rolando por essa hipótese ter sido divulgada na mídia. (Grupo III)

Quando pensamos na concepção de ensino de Ciências, podemos trazer à tona o olhar que Sasseron e Carvalho (2011) apontaram e que, ao defender a opção pelo termo AC, apresentam uma visão de ensino de Ciências voltada para o LC, desde que se considere um conjunto de práticas que subsidiem às ações das pessoas quando elas interagem com seu mundo e os conhecimentos dele. Nesse sentido, quando os estudantes – ao longo ou após a realização de uma prática – conseguem transpor o que está sendo estudado para sua realidade (como ocorrido nos grupos I e III), infere-se que o modelo de ensino estava voltado para o LC.

Sasseron e Carvalho (2008) apresentaram três eixos estruturantes da AC. Dentre eles, vale destacar que o segundo preocupa-se com a *“compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática”*, o qual as autoras relatam a importância do contato com a forma como as investigações científicas são realizadas, pois elas vão nortear a reflexão e a resolução de problemas do dia a dia que envolvam ou os conhecimentos científicos ou os conhecimentos que advenham deles. Observar os grupos relacionando a prática

de elucidação de uma questão-problema utilizando simulações com a prática dos cientistas nos estudos referentes ao SARS-CoV-2 sugere um pouco dessa compreensão que alicerça o segundo eixo trazido pelas autoras.

Importante ressaltar que, como já suscitado na presente tese, a análise de um único evento não pode sozinha determinar se um indivíduo é ou não letrado cientificamente. Todavia, faz-se mister a análise das práticas com o intuito de aprimorá-las e conduzir a mudança na forma como o ensino é conduzido. Outro fator relevante é que, por mais diferenciadas que as práticas docentes ocorram com vistas ao LC, não se pode considerar os alunos em questão como sujeitos neutros, visto que as relações observadas por eles foram proporcionadas também pela vivência em tempos de pandemia e o *boom* de notícias sobre a COVID-19 nos diferentes canais de mídia. Como apontam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009, p. 183):

O fato de o aluno conviver e interagir com fenômenos que são objetos de estudos dessas Ciências para além dos muros das escolas, quer diretamente quer por relações mediatizadas, desautoriza a suposição de que uma compreensão deles seja obtida apenas por sua abordagem na sala de aula como os modelos e teorias científicas.

Ao analisarmos o indicador 2 – Trabalho com informações científicas – obtivemos moda do NLC 3. Isso é importante, pois a metodologia adotada no desenvolvimento do presente trabalho foi a aprendizagem colaborativa por meio de computadores e sabe-se que, em um debate de ideias, é natural que surjam informações científicas, termos e curiosidades que fomentem à pesquisa. Outro ponto a ser destacado na análise desse indicador é a organização e hierarquização das ideias. Nos grupos I e III isso fora facilmente visualizado, ao passo que no grupo II as estudantes utilizaram os dados e conseguiram chegar a uma conclusão para sua questão-problema, porém não conseguiam fazer relações entre os dados científicos observados, como pode ser visualizado no seguinte fragmento:

A gente analisou o texto e a aula sobre alinhamento e vimos que para chegar a uma resposta deveríamos montar os alinhamentos, vimos o tutorial da plataforma e começamos a futucar para tentar entender. Tínhamos 4 duplas de sequências e decidimos colocar elas no programa pra tentarmos fazer os tipos de alinhamento que a plataforma oferecia mesmo sem entender, pois pensamos que dali viria algum resultado que poderia nos direcionar...
(Grupo II)

Os estudantes, diante de uma prática de ensino por investigação, deveriam criar a percepção de que o procedimento científico, bem como a prática investigativa, transpassa o “descobrir coisas”

ou até mesmo o “fazer experimentos”. De uma forma aproximada, os discentes deveriam compreender que a “mera” observação dos fenômenos não basta (SUTTON, 2003), nem o relato em si das etapas de forma desconexa, apenas para responder ao que é solicitado. É relevante que ocorra o debate entre os pares no trabalho em grupo, na pesquisa, na criação da linguagem científica, e na habilidade de comunicar a Ciência para que mais debates sejam promovidos.

A educação Científica deve oportunizar aos cidadãos o repertório necessário para que tais debates sejam promovidos. Além disso, esse mesmo tipo de educação deve proporcionar-lhes a compreensão dos problemas e desafios, não só socioeconômicos, mas também ambientais, dando subsídio à tomada de decisões. Para que isso ocorra, é necessário que esse então aluno (e futuro cidadão) consiga assimilar tanto explicações e teorias de várias disciplinas científicas quanto o conhecimento sobre as formas de produção de afirmações, produção, teste de hipóteses e uso de evidências e justificativas (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

O terceiro indicador – Resolução de problemas – apresentou moda de NLC 3 também com os grupos I e III, o que indica não só uma sistematização nas respostas observadas, mas que os grupos em questão foram capazes de resolver problemas com uso do raciocínio científico e do raciocínio proporcional, ambos sendo potencializados pelas trocas proporcionadas na aprendizagem colaborativa. Outro fator importante na análise desse indicador é a formulação e o teste de hipóteses, realizado pelo grupo III com sucesso. Abaixo seguem dois fragmentos do grupo III que destacamos a análise desse indicador:

Fomos tentando criar uma linha de raciocínio para checar se como dizia a questão todas as cepas apresentadas tinham origem no morcego. Aí pensamos como conseguiríamos ver se todas as cepas eram originadas da cepa do morcego? Talvez por filogenia, já que na escola vimos as árvores que mostravam os ancestrais. Nesse momento até conversamos sobre a xenofobia que estava rolando por essa hipótese ter sido divulgada na mídia. (Grupo III)

Chegamos à conclusão que teríamos que ver a filogenia deles pra tentar entender se vieram ou não do morcego. Aí a gente alinhou tudo lá e jogou na busca homologa e aí nesse momento vimos que tinha sequência de Sars 1, Sars 2 e a do morcego. Depois com resultado dessa etapa, fizemos a árvore filogenética, que vocês podem ver, e aí a gente chegou à conclusão aqui que eles as cepas de Sars 1 e uma cepa de Sars 2 possuíam o mesmo ancestral que os do morcego. As outras estavam separadas na árvore. Mas como tivemos essa proximidade de uma das de Sars 2 com o morcego e após debatermos entendemos que sim, eles possuem a origem na cepa do morcego. (Grupo III).

A etapa de resolução de problemas é deveras complexa, uma vez que conjuga ações diferentes, desde as mais relacionadas às ações de manipulação, desenvolvimento e envolvimento

cognitivo, até aqueles entendimentos que demonstram a construção de um arcabouço teórico de conhecimento científico (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015). O trabalho colaborativo auxilia nesse processo, pois contribui para o aprimoramento da linguagem científica de cada um e fomenta o espírito científico. Como dito por Bachelard (2001, p.166): “[...] Para um espírito científico, todo o conhecimento é uma resposta a uma questão. Se não houver uma questão, não pode haver conhecimento científico. Nada é natural. Nada é dado. Tudo é construído”.

O indicador 5 – Argumentação – é diretamente relacionado à capacidade dos alunos de levantar hipóteses, que estava implícito no indicador 3 que acabamos de analisar. Nesse sentido, o grupo II que obteve NLC de 1 no indicador 3, também obteve NLC 1 no indicador 5. Os grupos I e III pela primeira vez nas análises de indicadores, apresentaram classificações diferentes, tendo o grupo I apresentado 3 de NLC – o melhor NLC dos três grupos analisados – e o grupo III apresentou um NLC 2.

Esse indicador foi analisado com base na busca por elementos presentes no modelo de argumento de Toulmin – TAP (TOULMIN, 2006). O modelo de Toulmin propõe um padrão de argumento composto por cinco elementos: os dados, as conclusões, as justificativas (garantia), o conhecimento anterior (apoio) e os qualificadores, que podem tanto enfatizar a afirmação proposta quanto apresentar refutação a ela.

O grupo I foi o único que obteve o nível 3 nesse indicador, ao passo que o grupo II obteve 1 e o grupo III, 2. No grupo I, a análise da resposta à questão-problema nos permitiu observar os seguintes itens: dado, garantia, conclusão e um qualificador. Destacamos os seguintes trechos do Grupo I:

Algo que nos chamou atenção na questão é dizer que os sintomas de Covid e Influenza são muito parecidos, ali pensamos isso nós sabemos, pois vemos toda hora na notícia da tv ou no Instagram. Como a questão sinaliza que por terem os mesmos sintomas eles são oriundos do mesmo ancestral, a gente ficou pensando em como analisar isso! Já que teríamos que buscar uma forma de ver se eles possuíam ou não o mesmo ancestral, buscamos as aulas teóricas e em uma delas que relembramos muito as aulas de taxonomia, ali lembramos que pra buscar ancestralidade devemos fazer uma filogenia... ta, beleza, mas como? Risos...

Então, como a gente fez...a gente fez o sequenciamento genético lá na ferramenta de busca homóloga com a sequências que a gente pegou da questão problema e a gente analisou cada semelhança que foi apresentada em cada um dos sequenciamentos e depois a gente colocou na árvore filogenética e de cara confesso que não conseguíamos interpretar e aí tivemos que debater juntas e olhar vídeos no YouTube pra que fizesse sentido a interpretação!

Assim, a gente começou a analisar algumas proximidades, algumas igualdades entre as cepas e aí a gente viu um ancestral comum neh?! Através dessa arvorezinha lá embaixo a gente foi vendo a ancestralidade de cada um, deduzimos que os dois tipos de vírus influenza que apareceram nas nossas análises, agruparam separados dos de covid, mas observamos uma ancestralidade comum com uma amostra de covid Peruana. Não sabemos explicar se o fato de os sintomas serem próximos os faz ter ancestral comum, mas achamos bonitinho ver na árvore, principalmente que os de gripe estavam separados dos de covid e parece que tudo começa a fazer sentido em como diagnosticar. Acreditamos que provavelmente no início da covid isso tenha sido feito, tenham comparado as sequências descobertas com sequências já existentes para que pudessem identificar os parentescos e daí sim buscar vacina, entendimento etc. (Grupo I)

Neste trecho podemos observar o **dado**: *“os sintomas de Covid e Influenza são muito parecidos...por terem os mesmos sintomas eles são oriundos do mesmo ancestral...”*

A garantia:

Já que teríamos que buscar uma forma de ver se eles possuíam ou não o mesmo ancestral, buscamos as aulas teóricas e em uma delas que relembramos muito as aulas de taxonomia, ali lembramos que pra buscar ancestralidade devemos fazer uma filogenia...

A conclusão:

Assim, a gente começou a analisar algumas proximidades, algumas igualdades entre as cepas e aí a gente viu um ancestral comum neh?! Através dessa arvorezinha lá embaixo a gente foi vendo a ancestralidade de cada um, deduzimos que os dois tipos de vírus influenza que apareceram nas nossas análises, agruparam separados dos de covid, mas observamos uma ancestralidade comum com uma amostra de covid Peruana.

E um qualificador:

parece que tudo começa a fazer sentido em como diagnosticar. Acreditamos que provavelmente no início da covid isso tenha sido feito, tenham comparado as sequências descobertas com sequências já existentes para que pudessem identificar os parentescos e daí sim buscar vacina, entendimento etc.

No grupo III, a análise nos permitiu observar uma informação que compete a justificativa e vem estruturada com os seguintes elementos: dado, garantia, conclusão. Como podemos observar no trecho abaixo:

Fomos tentando criar uma linha de raciocínio para checar se como dizia a questão todas as cepas apresentadas tinham origem no morcego. Aí pensamos como conseguiríamos ver se todas as cepas eram originadas da cepa do morcego? Talvez por filogenia, já que na escola vimos as árvores que mostravam os ancestrais. Nesse momento até conversamos sobre a xenofobia que estava rolando por essa hipótese ter sido divulgada na mídia”.

Chegamos à conclusão que teríamos que ver a filogenia deles pra tentar entender se vieram ou não do morcego. Aí a gente alinhou tudo lá e jogou na busca homologa e aí

nesse momento vimos que tinha sequência de Sars 1, Sars 2 e a do morcego. Depois com resultado dessa etapa, fizemos a árvore filogenética, que vocês podem ver, e aí a gente chegou à conclusão aqui que eles as cepas de Sars 1 e uma cepa de Sars 2 possuíam o mesmo ancestral que os do morcego. As outras estavam separadas na árvore. Mas como tivemos essa proximidade de uma das de Sars 2 com o morcego e após debatermos entendemos que sim, eles possuem a origem na cepa do morcego” (Grupo III).

Neste trecho podemos observar **o dado**: “*todas as cepas eram originadas da cepa do morcego...*”.

A garantia:

Aí pensamos como conseguiríamos ver se todas as cepas eram originadas da cepa do morcego? Talvez por filogenia, já que na escola vimos as árvores que mostravam os ancestrais.

A conclusão:

aí a gente chegou à conclusão aqui que eles as cepas de Sars 1 e uma cepa de Sars 2 possuíam o mesmo ancestral que os do morcego. As outras estavam separadas na árvore. Mas como tivemos essa proximidade de uma das de Sars 2 com o morcego e após debatermos entendemos que sim, eles possuem a origem na cepa do morcego.

O grupo II obteve 1 de NLC nesse indicador pois, embora na resposta deles tenha sido possível identificar o dado e a conclusão, percebemos que isso ocorreu sem justificativa, ou até no que chamamos de tentativa e erro, onde o grupo fora tentando diversas formas resolver sem debater ou raciocinar e, dali, surgiu uma resposta a qual não lhes fazia muito sentido. Um trecho que nos chamou atenção para tal foi quando a aluna 2 do Grupo II pontuou: “*a dúvida que veio é se essa tal similaridade queria dizer igualdade, ficamos meio assim...na dúvida*”. Fora então perguntado ao grupo: “Vocês chegaram a buscar informações sobre? Marcaram aula de dúvidas?”, ao que obtivemos a seguinte resposta:

Não, partimos do princípio que quanto mais similares, mais próximas elas eram e seguimos na nossa análise. Após realizarmos todos os dois tipos de alinhamento em todas as duplas, vimos que o local nos trazia dados melhores de similaridade.

As alunas foram então novamente questionadas: “Vocês tentaram entender o porquê disso?” e a resposta foi:

Não achamos que era um problema, já que a questão pedia os dados da similaridade, e dizermos o melhor tipo de alinhamento, e nós já tínhamos chegado na resposta. A última análise foi verificar se houve modificações, vimos que não, mas observamos que várias sequências ficavam com tracinhos embaixo ou em cima de uma base nitrogenada, como se não completasse.

A prática da argumentação auxilia na organização do pensamento do indivíduo e, ao mesmo tempo, expressa a sua vontade ali. O fato de o grupo II não ter debatido, além de não ter pesquisado as dúvidas inerentes ao processo de realização de uma questão problema, contribuiu para que a argumentação fosse frágil.

De forma diferente, a argumentação permeou o grupo III durante toda a pesquisa do grupo, uma vez que, como aponta Scarpa (2015), a argumentação se faz presente ao longo de toda uma investigação científica, especialmente na elaboração das hipóteses, construção da previsão e conclusão do trabalho. Outro ponto salientado pela autora em que a argumentação se faz presente é na justificação das escolhas dentre as diferentes direções que uma pesquisa pode seguir, daí a escolha pela filogenia no grupo III.

Como uma prática epistêmica da Ciência, a argumentação deve ser incluída nos planejamentos de aula dos diferentes níveis de ensino, daí a importância do desenvolvimento de atividades didáticas que, além de envolver a investigação científica, lancem mão da aprendizagem colaborativa como a estratégia desenvolvida na presente tese. Diante dessa perspectiva, a argumentação pode ser uma chave que conecta a Ciência às demais esferas da sociedade, em especial a escola, que simboliza uma zona fronteira entre a cultura científica e a cultura escolar (SCARPA, 2015).

Pode-se inferir que a análise dos NLC nos dados da validação da estratégia da presente pesquisa é um achado – mesmo com um grupo pequeno de alunos em um ambiente “controlado” que não a sala de aula. Nesse sentido, embora tenhamos obtido um resultado promissor, faz-se mister que essas análises sejam feitas com grupos maiores em turmas regulares de ensino para que após a realização da estratégia didática, a turma continue sendo acompanhada pelo docente e o mesmo avalie esse nível de LC de maneira prospectiva.

Ao final das apresentações, os grupos fizeram uma análise geral da ferramenta (OLATCG) utilizada para a realização das questões-problema, sinalizando se a mesma auxiliaria no ensino de Genética na escola. Para o Grupo I, as alunas acharam uma ferramenta muito boa para o aprendizado e sentiram curiosidade para aprender mais sobre a temática, além de terem buscado material complementar. Elas acharam a experiência de mexer numa plataforma usando assuntos tão complexos muito interessante e gostariam de usar em uma aula.

Para o Grupo II, quando questionado se a ferramenta auxiliaria na escola, o mesmo apontou que sim, pois “a Genética da escola é um conteúdo abstrato e que a gente não consegue aprender direito, e a plataforma vai auxiliar nesse entendimento de Genética molecular”. Outra aluna desse mesmo grupo reportou o seguinte:

E acho também que com essa ferramenta, a gente consegue visualizar na prática como essas ferramentas são utilizadas nos laboratórios, pra fazer vacinas, essas coisas. A gente consegue ter tipo um gostinho do que acontece lá e como é usado. Porque todo aquele assunto que a gente aprende na escola, DNA Genética, a gente não sabe para que serve, então eu achei muito interessante.

No tocante ao Grupo III, o mesmo considerou muito válida a utilização da plataforma para correlacionar o ensino de Genética, Evolução e Taxonomia. Uma das alunas do grupo reportou não gostar de Biologia e disse que a plataforma trouxera uma vontade de pesquisar mais e tentar interpretar os resultados.

6.3. Contribuições para o Ensino de Ciências

Ao pensar o ensino de Ciências – mais especificamente o de Biologia – é notório que as últimas mudanças curriculares advindas dos novos documentos norteadores estão cada vez mais imbuídas do desejo de contribuir para a formação de um cidadão que seja crítico e participativo nesse modelo de vida, que podemos classificar como vida contemporânea, ao que chamamos de Letramento Científico (tido como grande objetivo do EC trazido pela BNCC). Nessa contemporaneidade, as transformações econômicas, sociais e culturais oriundas do desenvolvimento científico e tecnológico ocorrem em tempo real e tanto influenciam como são influenciadas pelo processo de composição da história da Ciência.

Dessa forma, produções científicas – principalmente nas áreas da Genética (campo de estudo dessa tese) e Biologia Molecular – têm estado cada vez mais em evidência e isso, no momento pandêmico vivido nos dois últimos anos, tornou-se pauta de discussão de muitos trabalhos na área. Nesse contexto, a plataforma (OLATCG), desenvolvida para alicerçar a estratégia didática utilizada na presente tese, será uma forma de promover a aproximação de alunos e professores da educação básica a ferramentas que possam estabelecer uma relação mais prática entre a Genética e seu dia a dia, contextualizando os temas trabalhados em aula com os temas alvos de pesquisa, assim contribuindo diretamente para o LC desses alunos.

Outro ponto relevante a ser destacado como contribuição da nossa pesquisa é o fato dela oportunizar uma forma de trabalho interdisciplinar no ensino de Biologia, como suscitado pela BNCC, uma vez que a Bioinformática pode ser utilizada nas áreas de Genética, Biologia Molecular, no estudo de mecanismos da Evolução, em mecanismos de interação das proteínas, entre outras possibilidades.

Nessa premissa, contamos com um aporte teórico que nos auxiliou na compreensão que o ensino de Biologia deve ser pautado na contextualização, no entendimento que o aluno traz um conhecimento empírico e que esse dado não deve ser ignorado. Antes, deve ser a base para a (re)construção de conceitos. Quando feito seguindo as bases da aprendizagem colaborativa, pode render excelentes frutos, pela troca que ocorre entre eles, tanto de conteúdo como de experiência de vida.

Sabemos que uma estratégia didática não é o suficiente para abordar todos os aspectos relacionados à utilização da Bioinformática no ensino de Genética. Porém, os conteúdos trabalhados e as ferramentas apresentadas aos alunos, com destaque para o OLATCG, contribuíram para uma análise positiva dos alunos participantes e nos mostrou ser uma forma promissora de iniciar a democratização do acesso a essas ferramentas, que são em sua maioria em língua inglesa.

6.4. Limitações da Pesquisa e Sugestões para futuros trabalhos

Este estudo avaliou o uso de uma estratégia didática alicerçada em ferramentas de Bioinformática no ensino de Genética como contribuição para o letramento científico nesta área. O projeto foi desenvolvido em uma escola pública federal localizada no Município do Rio de Janeiro, e teve como participantes da pesquisa alunos de primeiro e terceiro anos do ensino médio. Nesse sentido, a principal limitação da pesquisa foi o momento pandêmico que incidiu sobre o fechamento das escolas e a consequente adequação ao modelo de ensino remoto emergencial.

Para adequação ao modelo de aulas online, a pesquisa foi redesenhada para que não perdesse em qualidade e, ao mesmo tempo, conseguisse responder aos objetivos propostos. No entanto, após a identificação das concepções, as turmas do contexto de estudo não puderam ser

estudadas, pois a metodologia didática adotada pela escola eram todas as turmas daquele ano de escolaridade tendo aula ao mesmo tempo, impossibilitando a seleção das turmas da pesquisa apenas para participar de toda a estratégia didática elencada.

A solução foi remodelar a pesquisa e realizar um estudo de validação com alunos de ensino médio de outra unidade escolar federal do Rio de Janeiro. Porém, é sabido que a realização de uma estratégia didática com um grupo controlado é diferente da sua realização em turmas regulares com toda sua diversidade.

Outro ponto a salientar como fator limitador do estudo foi a ausência de recursos de fomento para que pudéssemos pagar um servidor que hospedasse o OLATCG. A opção que utilizamos foi o Heroku, uma plataforma em nuvem com um serviço que suporta várias linguagens de programação, mas que ao mesmo tempo apresenta limitações em tempo de resposta e após um tempo de não utilização entra em modo stand-by.

Como sugestões para futuros trabalhos propomos:

- a aplicação da estratégia didática validada no presente estudo em turmas regulares de ensino, em aulas com foco em Genética ou em Biotecnologia;
- a expansão da estratégia para a rede estadual de ensino, onde há menos recursos tecnológicos, porém, possui docentes e alunos ávidos por testarem e aplicarem novas ferramentas em aulas de Biologia.;
- a elaboração e a aplicação de cursos de formação continuada para docentes de Ciências e Biologia que envolvam a utilização de ferramentas de Bioinformática na educação básica;
- a realização do *upload* do OLATCG em um servidor de hospedagem gratuito, porém vinculado à uma universidade para que novas pesquisas possam ser realizadas com maior estabilidade do servidor e qualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo serão apresentadas como reflexões, com destaque para determinados aspectos importantes do delineamento da presente tese. Por isso, cabe relembrarmos a nossa pergunta de investigação: Qual a influência para a promoção do letramento científico no ensino de Genética da utilização de uma estratégia didática com ferramentas de Bioinformática?

A análise e interpretação dos dados obtidos a partir da concepção dos discentes acerca da temática “Genética e Recursos Tecnológicos” nos permitiu vislumbrar lacunas entre a forma como o modelo do ensino de Genética é preconizado e aplicado nas salas de aula. Não cabe aqui culpabilizar ninguém, nem docentes, nem discentes. Antes, porém, esta serve de meio a refletir e sugerir mudanças, posto que os conteúdos de Genética estão amplamente divulgados nos diferentes canais midiáticos do mesmo modo que os recursos tecnológicos já são realidade dentro da maioria das escolas, principalmente após o início da pandemia de COVID-19.

Os resultados obtidos nesse estudo vão ao encontro de outros publicados com o mesmo objetivo de acessar o que os alunos entendem sobre Genética. Todos apresentam uma urgência na renovação metodológica para que os conteúdos da Genética Clássica, mais conhecida como Mendeliana ou de transmissão, núcleo e cromossomos, divisão celular e síntese proteínas, sejam trabalhados no mesmo ano de escolaridade. Alguns autores, inclusive, classificam tais conteúdos como estruturantes ao ensino de Genética, de tal modo deveras relevantes que sejam trabalhados de forma conjunta, oportunizando assim ao aluno uma visão global do processo, ao passo que contribui sobremaneira assim para uma maior significação do aprendizado.

A formação de professores também precisa ser revista, visto que muitos docentes não sabem como fazer diferente ou mesmo como seguir as orientações da BNCC, que sugere que o ensino de Genética seja trabalhado transpassando diferentes tipos de conteúdo dentro da Biologia. Isso demanda tanto um olhar interdisciplinar como uma pré-disposição a quebrar paradigmas, como a tradicional utilização apenas do livro didático durante as aulas. Trazer as demandas sociais existentes nos contextos dos estudantes é ainda outro ponto fundamental para que a Genética seja mais bem compreendida e consiga oportunizar aos alunos o uso do aprendizado nas situações do dia a dia na sociedade.

A utilização da tematização nos permitiu analisar respostas que, mesmo com grafias distintas, conseguia compor uma única categoria de análise. Explorar essas categorias possibilitou uma melhor compreensão de como esses alunos pensavam a Genética, a divisão celular, o DNA,

assim como entender se faziam ou não a relação do DNA com a síntese de proteínas. Diante das análises, foi notória a percepção de que muitos dos alunos compreendem as terminologias, ainda que não consigam aplicá-las ou mesmo fazer relação com outras áreas, o que, dentro do aprendizado de Genética, é essencial. Portanto, algumas sugestões se fazem relevantes e urgentes: um ensino com maior contextualização e que utilize diferentes recursos metodológicos para uma maior aproximação dos estudantes, assim como a reestruturação dos livros didáticos, currículos e, por último, que utilize os conteúdos estruturantes com o objetivo de auxiliar na construção de uma aprendizagem com significado.

A estratégia desenvolvida ao utilizar a abordagem didática do ensino de Ciências por investigação foi construída mediante a utilização de três problemas de pesquisa a serem solucionados pelos alunos. No entanto, apesar de toda a sua potencialidade no ensino de Biologia na perspectiva do Letramento Científico, sua implementação com as alunas foi pautada por uma conversa inicial motivadora, demonstrando o ganho de conhecimento na condução de uma investigação de forma colaborativa, pois as alunas esperavam uma pergunta com solução pronta de resposta, como o corriqueiro nas aulas. Quando iniciada a estratégia, as trocas, os questionamentos, as ações e reflexões sobre o passo a passo do processo investigativo contribuíram para a construção do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades concernentes ao que preconiza a BNCC para o ensino de Biologia, garantindo uma resposta deveras positiva das nove alunas envolvidas.

A etapa de validação da estratégia didática, proposta em associação com a plataforma OLATCG, nos permitiu acessar a percepção das alunas participantes sobre a utilização dessas ferramentas no ensino de Genética. Elas avaliaram a prática como positiva tanto por conhecer as ferramentas usadas em pesquisa como por manusear o OLATCG, assim como as aulas teóricas. As alunas associaram a participação nessas atividades com momentos de redução da abstração existente no ensino de Genética molecular.

Com a implementação da BNCC (2018) nos currículos e nos livros didáticos do PNL (2021), espera-se que os docentes busquem novas ferramentas facilitadoras de aprendizagem e consigam construir aulas com uma maior contextualização dos temas relacionados à Genética, bem como consigam, após a experenciação “obrigatória” do ensino remoto/híbrido ao longo da pandemia, associar essas diferentes ferramentas ao uso da tecnologia como coadjuvante nas aulas.

A análise dos níveis de Letramento Científico com a metodologia proposta por Lima e Weber (2019) se mostrou promissora e nos permitiu classificar as apresentações orais das questões-problemas dentro dos indicadores propostos e demonstrou que dois dos grupos apresentaram níveis de Letramento Científico que sugerem habilidades e conhecimentos científicos mais complexos na resolução dos problemas propostos, apresentando inclusive um nível de argumentação embasado nos principais elementos do padrão de argumento de Toulmin, nos sinalizando enquanto positiva a estratégia didática.

Sabe-se, no entanto, que a avaliação de um único evento não nos permite apontar se um indivíduo aumentou ou não os seus níveis de LC. Contudo, oportuniza aos docentes vislumbrar possibilidades em virtude da proposição de situações em que os alunos interagirão com a Ciência no contexto de problemas a serem solucionados. Nesse momento, eles irão observar, debater, pesquisar, aplicar conhecimentos científicos, formular e testar hipóteses, bem como relatar as possíveis soluções para os problemas propostos, utilizando, nesse momento, linguagem científica, argumentos e análises de dados obtidos. Com base em ponderações após as práticas, os docentes podem avaliar os níveis de Letramento Científico dos seus alunos, ajustar a prática ou propor novos modelos.

Diante do exposto, acreditamos que existiu uma influência no Letramento Científico de parte das alunas que participaram da etapa de validação. No entanto, caberia uma avaliação continuada, confrontando-as com outras situações-problema que envolvessem a temática, além da aplicação em turmas regulares ao longo das aulas de Biologia, o que possibilitaria aos docentes esse acompanhamento de perto em busca do Letramento Científico.

Esperamos que esta pesquisa possa contribuir como referência para professores da Educação Básica e demais pesquisadores no campo do Ensino de Ciências e Biologia.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, K.A.; CASTRO, Í.F.E. A Genética do Ensino Médio na perspectiva discente: um estudo de caso no município de Uruçuí-PI. **International Journal Education and Teaching (PDVL)**, v.3, n.3., p. 102-116. dez. 2020. Disponível em <https://ijet-pdvl.com/index.php/pdvl/article/view/147>. Acesso em: 13 de jul. de 2021.
- AIKENHEAD, G.S. Research into STS science education. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte. UFMG, v.9, n.1, p.1-21, jan.-abr. 2009.
- AIKENHEAD, G.S. Science-based occupations and the science curriculum: Concepts of evidence. **Science Education**, [s.l.], [s.n], v.2, n.89, p. 242-275, 2005.
- AIKENHEAD, G.S. STS education: A rose by any other name. In: **A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham**, [s.l.]: Routledge Press, Londres, p. 59-75, 2003.
- ALLCOTT, H.; GENTZKOW, M. Social media and Fake News in the 2016 election. **J. Econ. Perspect.** Nashville, TN (EUA), American Economic Association. v.31, n.2. 2017 [acesso em 29 mar 2020]; 31(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1257/jep.31.2.211>.
- ALVES, J.F.; SILVA, L.B. da; REIS, D.A. dos. Reflections on Biology teaching methodologies. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 8, 2020. Disponível em <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5951>. Acesso em 22 de jun. de 2020.
- AMORIM, A.C.R. O ensino de biologia e as relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade: o que dizem os professores e o currículo do ensino médio? **Coletânea do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”**. São Paulo: FEUSP/EDUSP, p. 74-77, 1997.
- AMORIM, A.C.R. O que fuge do olhar das reformas curriculares: nas aulas de biologia, o professor como escritor das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência e Educação**, [s.l.], [s.n], n.7, v.1, p.47-65. 2001.
- 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. 4, p. 139-165, 2009. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-05-MarianaAndrade-Ana-Maria-Caldeira.pdf>>. Acesso em: 31 de ago. de 2018.
- APPLE, M. A luta pela democracia na educação crítica. **Revista e-curriculum**. São Paulo, v.15, n.4, p. 894-926, 2017.

- ARAÚJO, A.B.; GUSMÃO, F.A.F. As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira. In: **Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, 10., 2017. Aracaju. Anais... Aracaju: UNIT, 2017. 11p. Disponível em <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/4710/1566>. Acesso em 15 de nov. 2020.
- ARAÚJO, M.A. dos S.; FREITAS, W.L. dos S.; LIMA, S.M. de S.; LIMA, M.M. de O. A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Floriano-PI. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, Cruzeiro do Sul. v.9, n.1, p. 19-30. jan.-mar., 2018. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1300>. Acesso em: 01 de set. de 2020.
- ARAUJO, T.P.Z.A. **Aplicação interdisciplinar do enfoque ciência, tecnologia e sociedade: uma proposta para as disciplinas de biologia, física e química**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ensino de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 26 mar. 2020. 183p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/2837>.
- ATWOOD, T.K; BLACKFORD, S.; BRAZAS, M.D.; DAVIES, A.; SCHNEIDER, M.V. A global perspective on evolving bioinformatics and data science training needs. **Briefings in Bioinformatics**, Londres, OUP. v.20, n.2, p. 398–404, mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/bib/bbx100>
- AULER, D. **Interações entre Ciência, Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciência**. Tese (Doutorado em Educação). Centro de Ciências de Educação, Universidade de Federal de Santa Catarina, 257p., 2002.
- AULER, D., DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, UFMG, v.3, n.2, p. 122-134, jul.-dez. 2001. Disponível em <https://www.scielo.br/j/epec/a/XvnmrWLgLaqqN9SzHjNq7Db/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 22 de mai. 2021.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. **Linhas críticas**, Brasília, UNB, v. 45, n.21, p.275-296, 2015.

- AYALA, F.J. Introductory essay: the case for scientific literacy. In: **World Science Report**, Paris: UNESCO, p.1-5. jul. 1996. Disponível em: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210059091c003>. Acesso em 23 de ago. de 2020.
- AZEVEDO, A.L. Bibliotecas para formação de técnicos em saúde nos países africanos de língua portuguesa: um diagnóstico. **Trab. educ. saúde (Online)**, Rio de Janeiro, Fiocruz. v.16, n.1, p. 361–382, jan.-abr., 2018. Disponível em <https://www.scielo.br/j/tes/a/CKv8PkGXgV8xFHHdjhsfMzJ/?lang=pt#>. Acesso em 3 de out. de 2020.
- AZEVEDO, J.D.; REIS, J.T. (Orgs). **O Ensino Médio e os desafios da experiência: movimentos da prática**. São Paulo: Fundação Santillana: Moderna. 2014. 244p.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: **Contraponto**. 1996. 316p.
- BACICH, L.; MORÁN, J. (Orgs.) **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. 430p. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf>. Acesso em: 13 de ou. 2020.
- BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. São Paulo: Edições 70, 2001. 176p.
- BAIOTTO, C.R.; LORETO, É.L. da S. Ensinar padrões de herança mendelianos utilizando caracteres humanos - Percepção dos professores. **Revista Contexto & Educação**, Ijuí, UNIJUÍ. v.33, n.105, p. 6–26. 2018. Disponível em <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/7248>. Acesso em: 3 de out. de 2020.
- BARBOSA, J.V. *et al.* Onde fica o ácido desoxirribonucléico (DNA). **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências-X ENPEC**. Águas de Lindóia, SP, 2015. 8p. Disponível em https://historiapt.info/pars_docs/refs/17/16151/16151.pdf
- BARBOSA, L.C.A.; BAZZO, W.A. A escola que queremos: É possível articular pesquisas ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e práticas educacionais? **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, UFSCAR, v.8, n. 2, p.363-372, 2014. Disponível em <http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/890>. Acesso em: 6 de out. de 2020.

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 229p.
- BARROW, L.H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, [s.l.], Springer, n.17, p.265–278, 2006.
- BELMIRO, M.S.; DE BARROS, M.D.M. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Práxis**, Volta Redonda, UNIFOA, v.9, n.17, p.95-102. 2017. Disponível em <http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/praxis/article/view/771/1169>. Acesso em: 25 de nov. de 2020.
- BESSA, S. **Do consumo ao consumismo: análise dos hábitos e condutas de consumo e endividamento**. Curitiba: Editora CRV. 2011. 122p.
- BIZZO, N.M.V. **Ciência: fácil ou difícil?** São Paulo: **Biruta**. 2009. 169p.
- 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.
- BORGES, C.K.G.D.; SILVA, C.C.; REIS, A.R.H. As dificuldades e desafios sobre a aprendizagem das leis de Mendel enfrentados por alunos do Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, UFMT, v.12, n.6, p.61-75. ago. 2017. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/index.php?go=artigos&idEdicao=58>. Acesso em: 14 jul. 2020.
- BORGES, M. A política educacional nos anos de 1980 e 1990: qual a proposta de democratização da gestão escolar? **Atos de Pesquisa em Educação**, Blumenau, FURB, v.7, n.1, p.143-174. 2012.
- BORGES, R.M.R; LIMA, V.M.R. Tendências contemporâneas do ensino de biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo (Espanha), UVIGO, v.6, n.2, p. 165-175, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC_older_es.htm. Acesso em: 20 jul. 2017.
- BOURDIEU, P. **Outline of a Theory of Practice**. **Londres**: Cambridge University Press. 1977.

- BRANCO, P.V.C.; CASTRO, M.S.; SILVA, V.L.M. O desafio de ensinar e aprender Genética em uma escola pública de ensino fundamental. **Pesquisa em Foco**. São Luís, UEMA. v.24, n.1, p. 121-141. jan.-jul. 2019. Disponível em: https://ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/download/2031/1478/5501. Acesso em: 24 de out. de 2019.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Um computador por aluno: a experiência brasileira**. Brasília, DF, 2008. 193p. Disponível em <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/3464>. Acesso em 18 de ago. de 2021.
- BRASIL (Ministério da Educação e desportos). Conselho Nacional de Educação. **Parecer CEB 04/98**.
- BRASIL (Ministério da Educação e desportos). Conselho Nacional de Educação. **Resolução CEB 03/98**. Institui as diretrizes curriculares nacionais para o Ensino Médio. **Brasília**: MEC. 1998. 7p.
- BRASIL (Ministério da Educação/CNE). Base Nacional Comum Curricular. Parecer CEB Nº 2, **Brasília**: MEC, 2017.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular. Parecer CEB Nº 4**, Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL (Ministério da Educação/SAB). **Orientações Curriculares Nacionais para o ensino médio – volume 1**. Brasília: MEC, 2006. 239 p.
- BRASIL (Ministério da Educação/SEB). **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, 2013. 542p.
- BRASIL (Ministério da Educação/SEF). **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Brasília: MEC, 1997. 136p.
- BRASIL (Ministério da Educação/SEF). **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCN+): ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias** Brasília: MEC, 1997. 136p.
- BRASIL (Ministério da Educação/SEF). **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCN+): ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias** Brasília: MEC, 2002. 141p.
- BRASIL (Senado Federal). **Lei de diretrizes e bases da Educação Nacional**. Lei nº 4024/61. **Brasília**: 1961.

- BRASIL (Senado Federal). **Lei de diretrizes e bases da Educação Nacional**. Lei nº 5692/71. Brasília: 1971.
- BRASIL (Senado Federal). **Lei de diretrizes e bases da Educação Nacional**. Lei nº 9394/96. Brasília: 1996.
- BRASIL (Senado Federal). **Lei n.º 10.172, de 09 janeiro de 2001. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências**. Brasília, 2001.
- BYBEE, R.W.; CHAMPAGNE, A.B. The National Science Education Standards. **The Science Teacher**, [s.l.], [s.n.], n. 62, v.1, p.40–45. 1995.
- BYBEE, R.W.; DeBOER, G. E. Research on goals for the science curriculum. In: GABEL, D. L. (Org.) **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**, Nova Iorque, EUA: MacMillan Pub Co., 1994. 598p.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.; PRAIA, J. VILCHES, A (Orgs.). **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez. 2005.
- CAMPOS, M.A.; SILVA, R.M.A.; PAIVA, L.V.; JUNIOR, A.C.; LIMA, C.S. **Bioinformática: Do sequenciamento a função biológica**. Lavras. UFN. 54p. 2008. Disponível em https://www.academia.edu/40917110/BIOINFORM%C3%81TICA_DO_SEQ%C3%9CCENCIAMENTO_A_FUN%C3%87%C3%83O_BIOL%C3%93GICA.
- CANDAU, V. A didática hoje: Uma agenda de trabalho. In: CANDAU, V. (Org.). **Didática, currículo e saberes escolares**. 2ed. Rio de Janeiro: DP&A. 2002. 11p.
- CARDOSO, C.A.; FERREIRA, V.A.; BARBOSA, F.C.G. (Des) igualdade de acesso à educação em tempos de pandemia: uma análise do acesso às tecnologias e das alternativas de ensino remoto. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, Brasília, SEEDF, v.7, n.3, p.38-46. 2020. Disponível em: <http://www.periodicos.se.df.gov.br/index.php/comcenso/article/view/929>. Acesso em: 16 de abr. de 2021.
- CARNEIRO, L. de A.; GARCIA, L.G.; BARBOSA, G.V. Uma revisão sobre aprendizagem colaborativa mediada por tecnologias. **Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, Palmas, UFTO. n.7, v. 2, p. 52-62. mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20873/uftv7-7255>. Acesso em 27 de nov. 2020.

- CARVALHO, A.M.G. **Apropriação da informação: um olhar sobre as políticas públicas sociais de inclusão digital**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Marília, 2010. 169f. Disponível em <http://hdl.handle.net/11449/103358>
- CARVALHO, A.M.P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, UFMG, p.765-794. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>. Acesso em 25 de mai. 2022.
- CARVALHO, A.M.P. e TINOCO, S.C. O Ensino de Ciências como 'enculturação'. In: CATANI, D.B.;VICENTINI, P.P. (Orgs.). **Formação e autoformação: saberes e práticas nas experiências dos professores**. São Paulo: Escrituras. 2006.
- CARVALHO, B.R.; PEREIRA, C.A.S.; PEREIRA, A.P.C.; SOUZA, L.de F. de O. Caminhando para a divisão celular: proposta de jogo para o ensino de meiose e mitose. **Revista Ciências & Ideias**. Nilópolis. Instituto Federal do Rio de Janeiro. v.11, n.3, p.12-25. 2020. Disponível em <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/1232>. Acesso em: 20 de jul. de 2021.
- CARVALHO, H.J.R.D.; ZANIN, M.; SHIMBO, I. Marx como referencial para análise de relações entre ciência, tecnologia e sociedade? evitando equívocos e ampliando possibilidades na aplicação de conceitos marxianos da teoria do mais-valor no campo CTS. **Ciência & Educação**, Bauru, [s.n], n.23, v.4, p.1077-1090, 2017.
- CASANELLA SAINT-BLANCARD, O.A; RODRIGUEZ JORGE, K. La introducción de la bioinformática en el Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. **Rev. Cubana Edu. Superior [online]**, n.34, v.3, p.166-177, 2015. La introducción de la bioinformática en el Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. **Rev. Cubana Edu. Superior [online]**, n.34, v.3, p.166-177, 2015.
- CASSIANI, S.; LINSINGEN, I. V.; GIRALDI, P.M. Histórias de leituras: produzindo sentidos sobre ciência e tecnologia. **Pro-Posições**, Campinas, UNICAMP. n.22, v.1, p.59-70. jan.-abr., 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-73072011000100006>

- CASTANHO, M.I.S.; ZORZIM, T.J.I. Internet, cultura do consumo e subjetividade de jovens. **Revista Pesquisas e Práticas Psicossociais**, São João del-Rei, UFSJ. V.12, n.1, p.36-53. jan.-abr. 2017. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/index.php/revista_ppp/article/view/1904. Acesso em: 18 de jul. de 2020.
- CASTRO, J.A.; DOS SANTOS, M.C.; RAMALHO, S.A.; CHAVES, J.L. Bioinformática como Objeto de Aprendizagem Digital (OAD) para o ensino da Biologia Molecular. **Boletim Técnico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano**. Governador Mangabeira, n.1. 2020. 33p. Disponível em https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/gmb/files/2020/06/IF-Baiano-GMB_Boletim-T%C3%A9cnico-N%C2%BA-1-Ano-01_ISBN-9786587749099.pdf . Acesso em 28 de out. de 2020.
- CAVALCANTI, D.B., COSTA, M.A.F.; CHRISPINO, Á. Educação Ambiental e Movimento CTS, caminhos para a contextualização do Ensino de Biologia. **Revista Práxis**, Volta Redonda, UNIFOA, n.6, v.12. p. 27-42, 2014.
- CHARMAZ, K. **A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa**. Editora Penso: Porto Alegre. 2009. 272p.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, Rio de Janeiro, ANPED, n.22, p. 89-100. 2003.
- CID, M.; NETO, A.J. **Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética**. Enseñanza de las Ciencias, Vigo (Espanha), UVIGO. (Extra), p.1-5. 2005.
- CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; DE PINHO ALVES FILHO, J. Potencialidades do ensino por investigação para promoção da motivação autônoma na educação científica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, UFSC. v.8, n.1, p.101-129. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2015v8n1p101>.
- COMPIANI, M. Comparações entre a BNCC atual e a versão da consulta ampla, item ciências da natureza. **Ciências em Foco**, Campinas, UNICAMP, n.11, v.1, 2018.
- CONDÉ, M.L.L. Paradigma versus estilo de pensamento na história da ciência. In: FIGUEIREDO, B.G.; CONDÉ, M.L.L. (Orgs.) **Ciência, história e teoria**. Belo Horizonte: Argvmentvm, p.123-146, 2005.

- COSTA, F. de J.; SANTOS, L.C.G. de A.; BUSELI DORO, C.B. Concepções de estudantes do ensino médio sobre o ensino de genética: a necessidade de repensar os processos de ensino e aprendizagem. **Revista Interdisciplinar Sulear**, Ibitité, UEMG. v.8, n.3 p. 61–75. dez. 2020. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/sulear/article/view/5310>. Acesso em 4 de abr. de 2021.
- COSTA, M.A.; COSTA, M.F.; VEMEU, F. Discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula: o ensino da biossegurança em foco. **Revista Práxis**, Volta Redonda, UNIFOA. n.10, v.19, p. 9-20. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.47385/praxis.v10.n19.743>
- COSTA, M.A.F.; BARROZODA, M.F. **Projeto de Pesquisa: entenda e faça**. 5ed. Petrópolis: Vozes, 2014.
- CRITCHLOW, T.; MUSICK, R.; SLEZAK, T. An overview of bioinformatics research at Lawrence Livermore National Laboratory. **Califórnia: Department of Energy by University of California Lawrence Livermore National Laboratory**, 2000.
- CUNHA, R.B. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de *scientific literacy* **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, ANPED, n.22, v.68, jan.-mar. 2017.
- DAMIÃO H.S.B. **Identificação e caracterização de genes codificantes de quitinase no genoma de *Handroanthus impetiginosus***. (TCC) Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Biotecnologia Curso de Graduação Em Biotecnologia. Patos De Minas – MG, 2019. Disponível em: [http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/27623/1/Identifica%
c3%a7%c3%a3oCaracteriza%
c3%a7%c3%a3oGenes.pdf](http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/27623/1/Identifica%c3%a7%c3%a3oCaracteriza%c3%a7%c3%a3oGenes.pdf). Acesso em: 5 de jul. 2020.
- DANTAS, C.R.D.S.; MASSONI, N.T.; SANTOS, F.M.T.D. A avaliação no Ensino de Ciências Naturais nos documentos oficiais e na literatura acadêmica: uma temática com muitas questões em aberto. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**. Rio de Janeiro, [s.n.], n. 95, v. 25, abr.-jun., p. 440-482. 2017.
- DE ARAÚJO, N.D.; DE FARIAS, R.P.; PEREIRA, P.B.; DE FIGUEIRÊDO, F.M., DE MORAIS, A.M.B.; SALDANHA, L.C.; GABRIEL, J.E. A era da bioinformática: seu potencial e suas implicações para as ciências da saúde. **Estudos de biologia**, Curitiba, PUCPR, n.30, v.70, v.72. p. 143-148, 2008.

- DEBOER, G.E. **History of idea in science education implications for practice**. Nova Iorque: Teachers College Press. 1991.
- DEBOER, G. Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. **J. Res. Sci. Teach.** [s.l.], [s.n.]. v.37, n.6, p.582-601. ago. 2000. Disponível em [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1098-2736(200008)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L). Acesso em 2 de fev. 2021.
- DEBOER, G. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: **FLICK, L. Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education**. Springer, 2006.
- DE LIMA, A.G.; PINTO, G.S. Indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, FATEC, v.16, n.2, p. 299-311. 2019.
- DE LIMA, M.S.; WEBER, K.C. **Reflexões acerca das definições e mensuração de níveis de letramento científico**. Anais III CONEDU... Campina Grande: Realize Editora. 2016. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/22133>. Acesso em 18 jun. 2022.
- DE MORAES, F.A.; SOARES, M.H.F.B. Jogos no Ensino de Biologia: uma análise sobre os trabalhos presentes no ENPEC (1997-2015). **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação em Ciências – ENPEC**. Florianópolis, ABRAPEC, 14p. jul., 2017.
- DE OLIVEIRA MORAES, I.; CEZAR-DE-MELLO, P.F.T. O que pensam os docentes sobre o uso da bioinformática no ensino de biologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, UTFPR. n.14, v. 2. p.75-94. 2021. Disponível em <https://doi.org/10.3895/rbect.v14n2.13933>.
- DEES, J.; MOMSEN, J.L.; NIEMI, J.; MONTPLAISIR, L. Student interpretations of phylogenetic trees in an introductory biology course. *CBE Life Sci Educ*. Bethesda, MD (EUA), ASCB. n.13, v.4, p.666-676. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.14-01-0003>.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.; PERNAMBUCO, M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009. 288p.
- DELIZOICOV, D.; AULER, D. Ciência, Tecnologia e Formação Social do Espaço: questões sobre a não-neutralidade. **Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, Florianópolis, [s.n.] v. 4, n.2, p. 01-27, nov., 2011.

- DELIZOICOV, D.; LORENZETTI, L. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio Pesquisa em educação em Ciências**, Belo Horizonte, UFMG, n.3, v.1, p.37-50. 2001.
- DEWEY, J. **Democracia e educação: introdução à filosofia da educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1959. 426p.
- DIAS, G.A; CAVALCANTI, R. de. A. As tecnologias da informação e suas implicações para a educação escolar: uma conexão em sala de aula. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, Campina Grande, UFCG, v. 1, ed. especial, p. 160-167, 2016. Disponível em <https://cfp.revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/pesquisainterdisciplinar/article/view/80>. Acesso em: 23 de ago. de 2020.
- DILLENBOURG, P. What do you mean by “collaborative learning”? In: Pierre Dillenbourg (Ed.). **Collaborative- learning: Cognitive and Computational Approaches**. Oxford: Elsevier, p.1-19. 1999.
- DO CARMO, T., KIOURANIS, N.M.M.; JÚNIOR, C.A.D.O.M. Aspectos relacionais entre CTS e EA: implicações para uma formação emancipatória e transformadora. **Revista Eletrônica do Instituto de Humanidades**, Duque de Caxias, Unigranrio, n. 42, v.16, p. 54-69. 2016.
- DO NASCIMENTO BORBA, R.C.; DE ANDRADE, M.C.P.; SELLES, S. E. Ensino de ciências e biologia e o cenário de restauração conservadora no Brasil: inquietações e reflexões. **Revista Interinstitucional Artes de Educar**, Rio de Janeiro, UERJ, v.5, n.2, p. 144-162. 2019.
- DO NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H.L.; DE MENDONÇA, V.M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista histedbr online**, Campinas, UNICAMP, n.39, v.10, p.225-249. 2010.
- DOS SANTOS, A.L.C.; DA SILVA, F.V.C.; DOS SANTOS, L.G.T.; AGUIAR, A.A.F.M. Dificuldades apontadas por professores do programa de mestrado profissional em ensino de biologia para o uso de metodologias ativas em escolas de rede pública na Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, FIEP, n.6, v. 4, p. 21959-21973. 2020.
- DOS SANTOS, J.D.A.; MELO, A.K.D.; LUCIMI, M. Uma breve reflexão retrospectiva da educação brasileira (1960-2000): implicações contemporâneas. **Anais eletrônicos do IX Seminário Nacional de estudos e pesquisas “História, Sociedade e Educação no Brasil”**, João Pessoa, UFPB, p.4352-4366, ago., 2012.

- DOS SANTOS, W.L.P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, São Paulo, USP, n.1, v. especial. 2008.
- DURÉ, R.C.; ANDRADE, M.J.D. de; ABÍLIO, F.J.P. Ensino de Biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de Ensino Médio relaciona com seu cotidiano? **Experiências em ensino de ciências**, Cuiabá. UFMT. v.13, n.1, p.259-272. 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 17 de jun. de 2020.
- ECHALAR, A.D.L.F. **Formação docente para a inclusão digital via ambiente escolar: o PROUCA em questão**. Tese (Doutorado em Educação). Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2015. 147f.
- ECK, R.V.; DAYHOFF, M.O. Atlas of Protein Sequence and Structure. **National Biomedical Research Foundation**, 1966. 234p.
- ELIAS, M.A.; RONQUIM, J. Ensino de genética por meio da interdisciplinaridade entre Biologia e planejamento urbano. **Arquivos do Mudi**, Maringá, UEM. v.24, n.2, p.22-29, set. 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/53877>. Acesso em: 27 de mai. de 2021.
- FARAH, S.B. DNA: **Segredos e Mistérios**. São Paulo: Sarvier, 2007.
- FAZENDA, I.C.A. **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 2011.
- FENSHAM, P.J. The politics of legitimating and marginalizing companion meanings: Three Australian case stories. In: Roberts, D.A; L. ÖSTMAN, L. (orgs.). **Problems of meaning in science curriculum**. Nova Iorque: Teachers College Press, p. 178-192, 1998.
- FLECK, L. **Genesis and Development of a Scientific Fact**. Chicago: The University of Chicago Press, 1979. 222p.
- FONTOURA, H.A (Org). **Formação de Professores e diversidades culturais: múltiplos olhares em pesquisa**. Niterói: Intertexto Editora e Consultoria, 2011.
- FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Colihue, 1997.
- FRANCO, M.L.; CEDIEL, J.F.; PAYÁN, C. Brief history of bioinformatics. **Colombia Médica**, v. 39, n. 1, p. 117-120, enero-mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/cm/v39n1/v39n1a15.pdf>

- FREIRE, C.M.A. dos S.; MEDEIROS, S.C. de; CARNEIRO, J.G.; MONTEIRO JÚNIOR, J.E.; FREIRE, J.E. da C. Proposta pedagógica em prática no ensino de bioquímica: Aproveitamento de softwares livres como facilitador do processo de ensino e de aprendizagem. **Revista Thema**. Pelotas, IFSul. v. 15, n. 4, p. 1442–1455, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.1442-1455.934>. Acesso em: 18 de dez. de 2020.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996. 144p.
- FÜHR, R.C. O Dilúvio Digital e seus Impactos na Educação 4.0 e na Indústria 4.0. In: FOSSATI, P.; JUNG, H.S. (Orgs.) **Investigação em Governança Universitária: Memórias**, Niteroi, Uni La Salle, p.37-54. 2018.
- FUKADA, D.O.; MARIZ, F.B.A.R.; MESQUITA, M.A.de. Impactos da indústria 4.0 na gestão de operações. **Anais do XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Joinville: ABEPRO, out., 2017.
- FULTON, J.E. Molecular Genetics in a Modern Poultry Breeding Organization. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], [s.n.], n, 2, v. 64, p.171-176, 2008.
- GADOTTI, M. Qualidade na Educação: uma nova abordagem. In: **Congresso de Educação Básica: Qualidade na aprendizagem rede municipal de ensino de Florianópolis**. COEB. Florianópolis. 2013.
- GALAGOVSKY, L.R. et al. Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos em la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de Las Ciencias*, Vigo (Espanha), UVIGO, n.21, p.107-121, 2003. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21898>. Acesso em: 4 de set. de 2020.
- GARCÍA, E. J.; GARCÍA, F. F. **Aprender investigando: una propuesta metodológica basada en la investigación**. 7ª. ed. Sevilla (ESP): Díada, 2000. 93p.
- GOMES, A.S.A; ALMEIDA, A.C.P.C. de. Letramento científico e consciência metacognitiva de grupos de professores em formação inicial e continuada: um estudo exploratório. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, UFPA, v.12, n.24, p.53-72, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/3442>. Acesso em 4 de set. de 2020.

- GONDIM, M.S.C.; MÓL, G.S. Interlocução entre os saberes: relações entre os saberes populares de artesãs do triângulo mineiro e o ensino de ciências. In: **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação em Ciências – ENPEC**, Florianópolis, UFSC, 2009.
- GOULART, A.C. Revisitando a espanhola: a gripe pandêmica de 1918 no Rio de Janeiro. **Hist Cienc Saude - Manguinhos**, Rio de Janeiro, Fiocruz. v.12, n.1, p.101-42. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/Wkqm45R4ptVzTqSpKxJhfRh/?lang=pt>. Acesso em: 13 de jun. 2020.
- GOUVEIA, F. C. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino de química: a poluição do ar sob a perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Dissertação (Mestrado em Ciências – Programa de mestrado Profissional em projetos educacionais de Ciências), Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, 2019. 115p.
- HAGEN, J.B. The origins of bioinformatics. **Nature Reviews Genetics**. Londres, Nature. v.1, p.231–236. dez. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/35042090>.
- HALL, B.K. **Homology: The hierarchical basis of comparative biology**. San Diego, California: Academic Press, 1994. 483p.
- HOLDBROOK, J.; RANNIKMAE, M.; The Meaning of Scientific Literacy. **International Journal of Environmental & Science Education**. [s.l.], [s.n.], v.4, n.3, p. 275-288, 2009. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ884397>. Acesso em: 5 de set. de 2020.
- HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, [s.l.], [s.n.], n. 15, v.36, p.2534-53, 2014.
- HURD, P.D. Science literacy: Its meaning for American schools. **Educational leadership**, [s.l.], [s.n.], v.16, n.1, p.13-16. out. 1958.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, 2014, 2015**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv91983.pdf>. Acesso em: 11 de mar., 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Censo escolar**. Brasília, DF. 2014b. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/basica-censo>. Acesso em 30 nov. 2014.

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Resultados do Índice de desenvolvimento da Educação Básica**. Resumo Técnico. Brasília. 81p. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/ideb/resultados>. Acesso em: 26 de mar. De 2021.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Sistema Internacional de Avaliação dos Estudantes**. Brasília, DF, 2019. Acesso em 6 de jun. 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. Programa Internacional de Avaliação de Estudantes – PISA. Brasília, DF. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa>. Acesso em 26/05/2022.
- INVESTIGAÇÃO. In: **MICHAELIS, Dicionário brasileiro da Língua Portuguesa**. São Paulo: UOL, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/escolar-ingles/busca/portugues-ingles-escolar/investiga%C3%A7%C3%A3o/>. Acesso em: 24/06/2021.
- ISKANDAR, J.I.; LEAL, M.R. Sobre o positivismo e Educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, [s.n.], v. 3, n.7, p. 89-94, set.-dez. 2002.
- JANN, P.N.; LEITE, M. de F. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. **Ciências & Cognição**, [s.l.], [s.n.], v.15, n.1, p.282-293, 2010. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000100022. Acesso em: 31 de out. de 2019.
- JESUS, J.G.; SACCHI, C.; CLARO, I.; *et al.* First cases of coronavirus disease (COVID-19) in Brazil, South America. **Virological**. [s.l.], [s.n.]. mar. 2020. Disponível em <https://virological.org/t/first-cases-of-coronavirus-disease-covid-19-in-brazil-south-america-2-genomes-3rd-march-2020/409>. Acesso em 22 de nov. 2020.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic practices and scientific practices in science education. In: TABER, K.S; AKPAN, B. (Orgs.) **Science Education: An International Course Companion**, [s.l.], Springer, p. 69–80 2017.
- JUNIOR, P.L.; DECONTO, D.C.S.; NETO, R.A.; DE HOLANDA CAVALCANTI, C.J.; OSTERMANN, F. Marx como referencial para análise de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência & Educação**, Bauru, [s.n.], n.20, v.1, p.175-194. 2014.

- JÚNIOR, J.A.B.; MATSUDA, L.M. Construção e validação de instrumento para avaliação do Acolhimento com Classificação de Risco. **Rev Bras Enferm, Brasília**, v. 65, n. 5, p. 751-757, set-out, 2012.
- JUSTINA, L.A.D. **Ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade**. Dissertação (Mestrado em Educação – Programa de Pós-Graduação em Educação) UFSC, Florianópolis. 2001. 159f. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/81922?show=full>
- KLAUTAU-GUIMARÃES, M.D.N.; OLIVEIRA, S.F.; AKIMOTO, A., HIRAGI, C., BARBOSA, L. S.; ROCHA, D.M. S.; CORREIA, A. Combinar e recombinar com os dominós. **Genética na Escola**, Brasília, UNB. v.3, n.2, p.1-7. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232747648_Combinar_e_recombinar_com_os_dominos/link/00b7d538339994d57f000000/download. Acesso em: 12 de mar. de 2020.
- KLEIMAN, A.B. Modelos de Letramento e as Práticas de Alfabetização na Escola, In: KLEIMAN, A.B. (Org.). **Os Significados do Letramento – Uma nova perspectiva sobre a prática social da escrita**, Campinas: Mercado das Letras. 1995.
- 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 2019.
- KOCH, I.; FUELLEN, G. A review of bioinformatics education in Germany. **Briefings in bioinformatics**, [s.l.], [s.n.], n.9, v.3, p.232-242. 2008.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo. EdUSP. 2004.
- KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: Harbra, 1998.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011, 4 ed.
- KRASILCHIK, M. Reforma e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.14, n.1, p. 85-93, jan,-mar. 2000. Acesso em 02 abr. 2020.
- KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

- KREUZER, H; MASSEY, A. **Engenharia genética e biotecnologia**. 2ed. São Paulo: Artmed, 2002. 434p.
- KUHN, T. **The Structure of Scientific Revolution**. Chicago: The University of Chicago Press, 2ed. 1970.
- KUMAR, S.; NEI, M., DUDLEY, J.; TAMURA, K. MEGA: a biologist-centric software for evolutionary analysis of DNA and protein sequences. **Briefings in bioinformatics**, Oxford, OUP, n.9, v.4, p.299–306. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/bib/bbn017>.
- LAZER, D.M.J.; BAUM, M. A.; BENKLER, Y.; *et al.* The Science of fake news. **Science**. Washington, DC (EUA), AAAS. v. 359, n. 6380. p. 1094-1096. 2018. Disponível em: <https://doi: 10.1126/science.aao2998>.
- LAZZARONI, A.A, GERLINDE, A.P.B.T. Construção e aplicação de um modelo tridimensional como recurso didático para o ensino de síntese proteica. **Journal of Biochemistry Education**. [s.l.], [s.n.]. v.15, n.2, p.36-48. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321952885_Construcao_e_aplicacao_de_um_modelo_tridimensional_como_recurso_didatico_para_o_ensino_de_sintese_proteica. Acesso em 28 de fev. de 2020.
- LAUGKSCH, R.C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview, **Science Education**, [s.l.], [s.n.], v.84, n.1, 71-94. 2000.
- LEAL, C.A.; MEIRELLES, R. M. S. de; RÔÇAS, G. O que estudantes do Ensino Médio pensam sobre Genética? As concepções discentes baseadas pela metodologia análise de conteúdo. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, Mossoró, UFRN. v.5, n. 13, p.71-86. fev. 2019. Disponível em: <http://natal.uern.br/periodicos/index.php/RECEI/article/view/1658/2271>. Acesso em 14 de abr. de 2020.
- LEAL, C.A.; SANTOS, S.D.M. dos; CÁSSIA, R. de; ROCHA, M. da; LEAL, M.A., RÔÇAS, G.; VIANNA, J. Concepções discentes: por que os filhos se parecem com os pais? In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Anais... Florianópolis. jul. 2017. 9p.

- LEITE, A.F.M.; BONAMINO, A.M.C. de. Letramento científico: um estudo comparativo entre Brasil e Japão. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, [s.n.] v. 51, 2021. 18p. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198053147760>
- LEITE, R.F.; RITTER, O.M.S. Algumas representações de ciência na BNCC–Base Nacional Comum Curricular: área de Ciências da Natureza. **Temas & Matizes**, Cascavel, UNIOESTE, n. 20, v.11, p.1-7. 2017.
- LESK, A.M. **Introdução à bioinformática**. Porto Alegre: Artmed. 2008.
- LÉVY, P. **A inteligência coletiva: por uma Antropologia do Ciberespaço**. São Paulo: Loyola. 1999.
- LÉVY, P. **O que é o virtual**. Tradução Paulo Neves. 7ª reimpressão. São Paulo: Editora 34. 2005.
- LIBÂNEO, J.C. Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa: unindo ensino e modos de investigação. **Cadernos de Pedagogia Universitária**, São Paulo, USP, v.11, out. 2009. 42p. Disponível em: http://www.prpg.usp.br/attachments/article/640/Caderno_11_PAE.pdf. Acesso em: 29 de abr. de 2019.
- LIBÂNEO, J.C. Tendências pedagógicas na prática escolar. **Revista da Associação Nacional de Educação–ANDE**, [s.l.], [s.n.], v. 3, p.11-19. 1983.
- LIMA, J.F. de; AMORIM, T.V.; LUZ, P.C.S. da. Aulas práticas para o ensino de Biologia: contribuições e limitações no Ensino Médio. **REnBio -Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**. [s.l.], [s.n.], v.11, n.1, p. 36-54, 2018. Disponível em: <https://sbenbio.journals.com.br/index.php/sbenbio/article/view/107>. Acesso em: 18 de nov. de 2020.
- LIMA, M.S.D.; WEBER, K.C. Determinação de níveis de letramento científico a partir da resolução de casos investigativos envolvendo questões sociocientíficas. **Educación química**, Cidade do México, UNAM. n. 30, v. 1, p.69-79. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.1.63305>.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2ª edição. São Paulo: EPU. 2013.
- MACHLUF, Y.; GELBART, H.; BEN-DOR, S.; YARDEN, A. Making authentic science accessible-the benefits and challenges of integrating bioinformatics into a high school science

- curriculum. **Briefings in Bioinformatics**, v.18, n.1, p.145-159. 2017. Disponível em: doi: 10.1093/bib/bbv113. Acesso em: 22 de mai. de 2020.
- MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química**. Ijuí: UNIJUÍ, 2000. 424p.
- MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento Científico e CTS na Formação de Professores para o Ensino de Física. In: **Anais do XVI SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física**, São Luís, 2007.
- MARANDINO, M.; SELLES, S.E.; FERREIRA, M.S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.
- MARCO, B. La alfabetización científica. In: PERALES, F.; CAÑAL, P. (Orgs.). **Didáctica de las Ciencias Experimentales**, Alcoy: Marfil. p. 141-164. 2000.
- MARTINS, A.; TAVARES, F.; LENCASTRE, L. Integração da bioinformática nos currículos do ensino básico e secundário. In: **II Encontro nacional de jovens investigadores em educação**. Anais... Porto (Portugal), UPORTO, 2017.
- MARTINS, E.A.; FERREIRA, M.; DIAS, L.F. Reformas curriculares em contexto de influência e de produção de texto: proposições para o ensino de ciências no ensino médio. **Pesquisa e Debate em Educação**, Juiz de Fora, UFJF, v.9, n.1, p.620-643. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/view/31133>. Acesso em: 24 de abr. 2021.
- MARX, K. **O capital: crítica da economia política**. 27. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010. Livro I.
- MASCARENHAS, M.D.J.O.; DA SILVA, V.D.S.C.; MARTINS, P.R.P.; DA COSTA FRAGA, E.; BARROS, M.C. Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em foco**, São Luís, UFMA. n.21, v.2. p.05-24. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18817/pef.v21i2.1216>
- MASIC, I. The Most Influential Scientists in the Development of Medical informatics (13): Margaret Belle Dayhoff. **Acta inform med BiH**, Sarajevo, EFMI, n.24, v. 4, p.299. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5455/aim.2016.24.299-299>.
- MAY, R.M. Uses and abuses of mathematics in Biology. **Science**, Washington, DC, [s.n.], n. 303, v.790, p. 790-793, 2004.

- MAYR, E. O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Ed. UNB, 1998. 1108p.
- MEISEL, R.P. Teaching tree-thinking to undergraduate biology students. **Evol Educ Outreach**, Londres, BMC. v. 3, p.621–628. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12052-010-0254-9>.
- MELVILLE, W.; FAZIO, X.; BARTLEY, A.; JONES, D. Experience and reflection: preservice science teachers' capacity for teaching inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, [s.l.], [s.n.], v.19, n.5, p.477-94, 2008.
- MILLER, J.D. Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, [s.l.], [s.n.], n.112, v.2, p29-48. 1983.
- MOEHLECKE, S. O ensino médio e as novas diretrizes curriculares nacionais: entre recorrências e novas inquietações. **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, ANPED, n. 49, v.17, p.39-58. 2012.
- MOREIRA, I. de C. A ciência, a ditadura e os físicos. **Ciência e Cultura**, versão online, [s.l.], [s.n.], v. 66, n.4, out./dez. p.48-56. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252014000400015>. Acesso em 18 Jun. 2022.
- MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T. **Pesquisa Qualitativa em Educação em Ciências**. São Paulo: Livraria da Física. 2017.
- MOREIRA, N.E.L.; COSTA, D. F. da. Pierre Levy, a filosofia e as novas interações sociais: Abrindo caminho para novas experiências de ensino. **PRISMA-Revista de Filosofia**, Manaus, UFAM. v.2, n.1, p.60-73. jan.-jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/prisma/article/view/8330>. Acesso em 23 de mai. de 2021.
- MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez. 2000.
- MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, UFRGS, v.1, n.1, p.20-39. 1996. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645/436>. Acesso em 22 de jul. 2021.
- MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. A linguagem em uma aula de ciências. **Presença Pedagógica**, Belo Horizonte, v. 2, n. 11, p. 49-57, 1996.

- MOTA, E.S. **Bioinformática no ensino de genética para o curso de graduação de Ciências Biológicas sob metodologia ativa.** São Cristóvão, SE, 2018. Monografia (licenciatura em Ciências Biológicas) – Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.
- MOURA, J.; DEUS, M.S.M.; GONÇALVES, N.M.N.; PERON, A.P. **Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, UEL, v.34, n. 2, p. 167-174, 2013. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/13398/0>. Acesso em: 13 de mai. de 2021.
- MUNFORD, D.; LIMA, M.E.C. de C. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? Revista Ensaio**, [s.l.], [s.n.], v. 1, 2008.
- NASCIMENTO, Y.A.P. do; SARAIVA, L.F.M. **Ferramentas de bioinformática aplicadas ao ensino da biotecnologia. Revista de Ensino de Bioquímica**, [s.l.], [s.n.], v.17, n.1, p.75-90. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333639594_Ferramentas_de_bioinformatica_aplicadas_ao_ensino_da_biotecnologia/link/5cf87dc54585153c3db73a8d/download. Acesso em: 4 de fev. de 2021.
- NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. **Genbank Overview.** Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>. Acesso em: 25/05/2022.
- NEEDLEMAN, S.B; WUNSCH, C.D. **A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins. Journal of Molecular Biology**, [s.l.], [s.n.], v.48, p. 443–53, 1970.
- NICOLA, J.A.; PANIZ, C.M. **A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. InFor**, [s.l.], [s.n.], n. 1, v.2, p. 355-381, 2017.
- NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M. **How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. Science Education**, [s.l.], [s.n.], n.2, v.87, p. 224-240. 2003.
- NOTREDAME, C. **Recent progress in multiple sequence alignment: a survey. Pharmacogenomics.** Londres, Future Medicine, v.3, n.1, p.131–144, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1517/14622416.3.1.131>.

- NOVAK, J.D. Uma teoria de educação: aprendizagem significativa subjacente à integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações levando ao empoderamento para compromisso e responsabilidade. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, UFRGS, v.1, n. 2, p. 1-14, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/?go=artigos&idEdicao=2>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- OLIVEIRA, L.A.; SILVA, N.S.; MATTOS, C. G. V. **O uso de charges como potencializador do letramento científico**. In: X Encontro Nacional de pesquisa em educação em ciências - ENPEQ, 2015. Águas de Lindóia. Anais. São Paulo. 2015. 8p. Disponível em: http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/lista_area_09.htm.
- OLIVEIRA, T.H.G.; SANTOS, N.F. dos; BELTRAMINI, L.M. O DNA: uma sinopse histórica. **Revista de Ensino de Bioquímica**, São Paulo, USP. v.2, n.1, p. 1-16, dez. 2004. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001597153>. Acesso em: 16 de nov. de 2019.
- OSBORNE, J. Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge. In: DUSCHL, R.A.; BISMARCK, A.S. (orgs.) **Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice**. Nova Iorque, NY: Routledge. 2016.
- PEARSON, W.R. BLAST and FASTA similarity searching for multiple sequence alignment. In: **Multiple sequence alignment methods**. Humana Press, Totowa, NJ, 2014. p. 75-101. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-62703-646-7_5
- PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L.A.; *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**. [s.l.], [s.n.], n.14, p.47-61, 2015.
- PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; LEIJEN, Ä.; SARAPUU, T. Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. **Technology, Instruction, Cognition and Learning**, [s.l.], [s.n.], n.9, v.1, v.2, p.81-95. 2012.
- PEDERNEIRAS, G. Integração entre sistemas na Indústria 4.0. (online) **Ind4. 0-Manufatura Avançada, Canal Indústria, 4**. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/17953-integracao-entre-sistemas-na-industria-40>. Acesso em 25-05-2022.

- PEDRANCINI, V.D.; CORAZZA-NUNES, M.J.; GALUCH, M.T. B.; MOREIRA, A.L.O. R.; RIBEIRO, A.C. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo (Espanha), UVIGO. v.6, n.2, p. 299-309, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf. Acesso em 4 de abr. de 2021.
- PEGORARO, A.; SOARES, L.G.; RIZZON, M.Z.; DAL MOLIN, E.; FERNANDES, F.M.; LOVATO, L.B.; CUNHA, G. F. A importância do ensino de evolução para o pensamento crítico e científico. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, Caxias do Sul, UCS. v.1, n.2, p. 10-15, 2016. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/ricaucs/article/view/4335/2691>. Acesso em: 16 de mar. 2021.
- PELLA, M.O; O'HEARN, G.T; GALE, C.W. Referents to scientific literacy. **Journal of Research in Science Teaching**, [s.l.], [s.n], n.4, p.199-208. 1966.
- PEREIRA, B.F.M. **Cinema e ciências: construindo possibilidades para promover a enculturação científica dos estudantes**. Dissertação (mestrado em Educação). Belo Horizonte. UFMG. 2018. 198p.
- PEREIRA, B.O.; AVELAR, B.Y.S.; LEMOS, R.A. In: SÁ-SILVA, J.R.; DO VALLE, M.G.; SOARES, K.J.C.B (Orgs.). **A Alfabetização Científica na Formação Cidadã: Perspectivas e Desafios no Ensino de Ciências**. Editora Appris, 2020. 185p.
- PEREIRA, N.G.; OLIVEIRA, L.F.; ORTEGA, J.R.; VERSIANI, M.S.; OLIVEIRA, A. M. E. de; XAVIER, A.R.E. de O.; XAVIER, M.A. de S. Bioinformática como ferramenta na análise de epitopos antigênicos no design de vacinas contra *Anaplasma marginale*, *Leishmania* spp., SARS-Cov-2 e toxina de *Clostridium septicum*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, [s.n.], v.7, n.4, p. 41634-41650. 2021. Disponível em <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/28754/22708>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.
- PEREZLEO SOLÓRZANO, L.; ARENCIBIA-JORGE, R.; CONILL GONZÁLEZ, C.; ACHÓN VELOZ, G.; ARAÚJO RUIZ, J.A. Impacto de la bioinformática en las ciencias biomédicas. **Acimed**, [s.l.], [s.n.], n.11, v.4, 2003.

- PERINI, M.; ROSSINI, J. Aplicação de modelos didáticos no ensino de biologia floral. **Inter Science Place**, [s.l.], [s.n.], v.13, n.3, p.58-71. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343485770_APLICACAO_DE_MODELOS_DIDATICOS_NO_ENSINO_DE_BIOLOGIA_FLORAL_APPLICATION_OF_EDUCATIONA_L_MODELS_IN_BIOLOGY_TEACHING_FLORAL/link/5f2c795e299bf13404ab3c8d/download. Acesso em: 22 de ago. 2020.
- PETERSON, C.N.; TAVANA, S.Z.; AKINLEYE, O.P.; JOHNSON, W.H.; BERKMEN, M.B. An idea to explore: Use of augmented reality for teaching three-dimensional biomolecular structures. **Biochemistry and Molecular Biology Education**. [s.l.], [s.n.], v.48, n. 3, p.1-7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bmb.21341>. Acesso em 28 de nov. de 2020.
- PICCININI, C.L.; DE ANDRADE, M.C.P. O ensino de Ciências da Natureza nas versões da Base Nacional Comum Curricular, mudanças, disputas e ofensiva liberal-conservadora. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, São Paulo, [s.n.], v.11, n. 2, p. 34-50. 2018.
- PIERCE, B. “Introduction to Genetics”. In: **Genetics: a Conceptual Approach**. Nova Iorque: W. H. Freeman, p. 1-14. 2012.
- PIESCO, J. Impacto da internet sobre os hábitos culturais da população jovem em São Paulo. **Centro de Pesquisa e Formação do SESC-SP**. São Paulo, Editora SESC-SP. n.1 p. 1-15. nov. 2015. Disponível em <https://www.sescsp.org.br/files/artigo/83bd6870-6012-4560-9ffa-e3feb7ff71d2.pdf>. Acesso em 21 de ago. 2020.
- PINHEIRO, B.C.S.; EVANGELISTA, N.A.M.; DE MORADILLO, E.F. A reforma do “novo Ensino Médio”: uma interpretação para o ensino de ciências com base na pedagogia histórico-crítica. **Debates em Educação**. Maceió, UFAL, n. 26, v.12, p. 242-260. 2020.
- PIZARRO, M.V.; LOPES JUNIOR, J. Os sistemas de avaliação em larga escala e seus resultados: o PISA e suas possíveis implicações para o ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, [s.n.], v.19, 2017.
- POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, [s.l.], [s.n.], v.66, n.2., p.211-227. 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>. Acesso em: 8 de set. de 2019.

- POZO, J.I.; CRESPO, M.A.G. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 296p.
- PRATTA, G.R. Genética molecular, genômica y bioinformática. **Journal of Basic Applied Genetics**. [s.l.], [s.n.], v. 29, n. 1, p. 59-65, 2018.
- REECE, J.B.; URRY, L.A.; CAIN, M.L.; WASSERMAN, S.A.; MINORSKY, P.V.; JACKSON, R.B. **Biologia de Campbell** (10ª. ed). Porto Alegre: Artmed, 2015. 1442p.
- ROCHA, J.N. **Museus e centros de ciências itinerantes: análise das exposições na perspectiva da alfabetização científica**. 2018. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: doi:10.11606/T.48.2018.tde-03122018-122740. Acesso em: 2022-06-18.
- ROCHA, M.L.; GONZALEZ, A.H.G.; BRUNO, N.V.; CHRISPINO, Á. Representatividade da biologia em CTS por meio de análise por redes sociais. **Revista Contexto & Educação**, Ijuí, UNIJUI. v.32, n.102, p.81-99. 2017. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/6650>. Acesso em 4 de abr. de 2021.
- RODRIGUES, B.A.; BORGES, A.T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. In: **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba. UTFPR, p.1-12. 2008.
- RODRIGUES, C. **Abordagem CTS e possibilidades de letramento científico no Projeto Água em Foco: tipos textuais e linguagem científica**. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciências). Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. 99p. 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-966GGX>.
- SADEK, H.A. **Bioinformatics: Principles, Basic Internet Applications**. Canada: Tradford Publishing. 2004. 106p.
- SAKA, A.; CERRAH, L.; AKDENIZ, A.R.; AYAS, A.; A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: How do they image the gene, DNA and chromosome? **Journal of Science Education and Technology**, v.15, n.2, p.192-202, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6>. Acesso em: 11 de jan. de 2020.
- SANGER, F.; ARIR, G.; BARREL, B. *et al.* Nucleotide sequence of Nucleotide sequence of bacteriophage ϕ X174 DNA. **Nature**. Londres, Nature. v. 265, p. 687–695. 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/265687a0>.

- SANT ANNA, K.S.D. **Diversidade metodológica como estratégia para a aprendizagem significativa de conceitos de biologia**. Dissertação (Mestrado em Projetos Educacionais e de Ciências). Lorena, Universidade de São Paulo. 2016 74p.
- SANTOS, A.N.B. dos; BESSA, F.G.C. de L. Ensino de Ciências e Biologia: Avanços e perspectivas a partir de reflexões e contextos da atualidade. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. [s.l.], [s.n.], v.7, n.2, p.2675-3375. fev.2021. Disponível em <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/603>. Acesso em: 3 de mai. de 2021
- SANTOS, C.M.D.; KLASSA, B. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. **Educação: teoria e prática**, Rio Claro, UNESP, v.22, n.40, p.62-80. 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/article/view/6271>.
- SANTOS, L.D. dos; ANGELO, J.A.C.; SILVA, J.Q. da. Letramento científico na perspectiva biológica: Um estudo sobre práticas docentes e educação cidadã. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo (Espanha), UVIGO, v.19,n.2, p.474-496. mai. 2020. Disponível em: <http://revistas.educacioneditora.net/index.php/REEC/article/view/341>. Acesso em 14 de abr. de 2021.
- SANTOS, M.S.B.; MOREIRA, J.A. da S. Políticas curriculares na BNCC e o ensino das ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio. **Horizontes-Revista de Educação**, Dourados, UFGD. v.8, n.15, p. 61-80. 2020. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/horizontes/article/view/10343>. Acesso em: 20 de jan. 2021.
- SANTOS, R.A.D.; AULER, D. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. **Ciência & Educação**, Bauru, [s.n.], n. 2, v.25, p. 485-503. 2019.
- SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CT-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, UFMG. v.2, n.2, p. 1-23. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>. Acesso em: 14 de mar. de 2019.

- SANTOS, W.D. Educação científica: Uma revisão sobre suas funções para a construção do conceito de letramento científico como prática social. **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, ANPED, n.12, v. 36, p.474-492. 2007.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, UFMG, v.17, 2015.
- SASSERON, L.H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, UFMG, p.1061-1085. 2018.
- SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, UFRGS, v. 13, v.3, 2008.
- SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: UFRGS. v.16, n.1, p. 59-77, 2011.
- SASSERON, L.H.; MACHADO, V.F. **Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar Física**. São Paulo: Livraria da Física. 2017. 112p.
- SAYERS, E.W; CAVANAUGH, M.; CLARK, K.; PRUITT, K.D.; SCHOCH, C.L.; SHERRY, S.T.; KARSCH-MIZRACHI, I. GenBank. **Nucleic Acids Research**. [s.l.], [s.n.], v.49, n. D1, p. D92-D96. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa1023>.
- SCARPA, D.L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, UFMG, v.17, n. ESPECIAL, p.15-30. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s02%20>.
- SCARPA, D.L.; CAMPOS, N.F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, São Paulo, USP, n.94, v.32, p.25-41. 2018.
- SCHEID, N.M.J; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na escola**. Ribeirão Preto, SBG. v.1, n.1, p.17-18. 2006. Disponível em: https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_6418c0f6af7d445bbd186c47852833e5.pdf. Acesso em: 23 de abr. de 2019.

- SCHNETZLER, R.P. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em aberto**, Brasília, INEP. n.55, p.17-22. jul.-set.1992. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2155/1894>. Acesso em 8 de mai. de 2021.
- SCHWARTZ, R.S.; CRAWFORD, B.A. Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science: Identifying Critical Elements for Success. In: FLICK, L.B.; LEDERMAN, N.G. (orgs.) **Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education**. Dordrecht (Holanda): Springer, p. 331-355, 2006.
- SERRÃO, L.F.S.; CONRADO, A.L.; CURY, F.; LIMA, A.L.D.I. A experiência de um indicador de letramento científico. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, Fundação Carlos Chagas. n. 46, v.160, p.334-361. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198053143498>.
- SHAMOS, M.H. **The myth of scientific literacy**. Nova Brunswick, NJ, EUA: Rutgers University Press. 1995.
- SILVA, G.C.L.; NASCIMENTO, D. Q.; LOPES, S.S.S. Diagnóstico das principais dificuldades do ensino de genética nos cursos da área de saúde da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). In: **Encontro de Genética do Nordeste, 20., 2014, Campina Grande**. Anais ... Campina Grande: BIOFARM, p. 4, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/33FFCdP>. Acesso em: 22 mar. 2020.
- SILVA, C.C. da; CABRAL, H.M.M.; CASTRO, P.M. de. Investigando os obstáculos da aprendizagem de genética básica em alunos do ensino médio. **ETD - Educação Temática Digital**. Campinas, UNICAMP. v.21, n.3, p.718-737. 2019 Disponível em doi:10.20396/etd.v21i3.8651972. Acesso em: 22 de nov. de 2020.
- SILVA, G.B.; FREITAS, D.S. Quando a genética vira notícia: o uso de textos de divulgação científica (TDC) em aulas de biologia. **Revista Didática Sistemica**, Rio Grande, UFRG. v.3, p.41-56. abr.-jun. 2006. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/601?show=full>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

- SILVA, G.C.L.; NASCIMENTO, D.Q.; LOPES, S.S.S. Diagnóstico das principais dificuldades do ensino de genética nos cursos da área de saúde da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). In: **ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE**, 20., 2014, Campina Grande. Anais... Campina Grande: BIOFARM, p. 4, 2014. Disponível em: <http://arquivo.revista.uepb.edu.br/index.php/biofarm/article/view/2543/1369>. Acesso em: 22 mar. 2020.
- SILVA, H.M. da. A metodologia de resolução de problemas no ensino da Genética. **Scientia Generalis**, Patos de Minas, [s.n.]. v.2, n.2, p.1-13. 2021. Disponível em: <http://scientiageneralis.com.br/index.php/SG/article/view/171>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.
- SILVA, L.G.; ROCHA, J.D.T. Formação docente: o uso da tecnologia educacional independente na educação básica. **Revista Humanidades & Inovação**, Palmas, UNITINS, v.6, n.8, p.123-129, 2019. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/1333> Acesso em: 17 mai. 2021.
- SILVA, L.P.; MACIEL, M.D. Desenvolvimento de uma Sequência Didática com enfoque em NdC&T/CTS para o ensino de conteúdos de Microbiologia em aulas de Biologia. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, SC. 2017. 9p. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2016-1.pdf>
- SILVA, M.A. da; CASTRO FILHO, J.A de. Trabalho Colaborativo com Suporte Digital: uma experiência de formação docente. In: **Workshop de Informática na Escola**. Anais... 22, 2016, Uberlândia. Sociedade Brasileira de Computação. p. 766. nov. 2016. Disponível em <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/16474>. Acesso em: 24 de jul. 2020.
- SILVEIRA, L.F.D.S. **Uma contribuição para o ensino de genética**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008. 116p. Disponível em <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/3036>. Acesso em 22 de jul. de 2021.

- SILVEIRA, R.V.M. da; AMABIS, J.M. **Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético?** Dissertação (Mestrado em Biologia). São Paulo, Universidade de São Paulo. 2003. 63p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001340443>. Acesso em: 4 de mai. de 2021
- SOARES, M. Letramento e alfabetização: as muitas facetas. **Revista brasileira de educação**, Rio de Janeiro, ANPED. n.5, p.5-17. abr.2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782004000100002>. Acesso em: 20 de mai. de 2020.
- SOARES, M. **Letramento: um tema em três gêneros**, Belo Horizonte: Autêntica. 1998.
- SOLINO, A.P. **Problemas potenciais significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva histórico-cultural**. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2017.
- SOLINO, A.P.; FERRAZ, A.T.; SASSERON, L.H. **Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares**. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, p. 1-6. 2015. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0254-1.pdf>
- SOUZA, V.F.M.; SASSERON, L.H. As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. **Ciência & Educação**, Bauru, [s.n.] n.18, v.3, p. 593-611. 2012.
- STAHL, G. A decade of CSCL. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, [s.l.], [s.n.]. v.10, n.4, p.337-344. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11412-015-9222-2>. Acesso em: 3 de out. de 2020.
- STAHL, G. Group practices: A new way of viewing CSCL. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v.12, n.1, p.113. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11412-017-9251-0>. Acesso em: 3 de out. de 2020.
- STAHL, G.; KOSCHMANN, T.D.; SUTHERS, D.D. Computer-supported collaborative learning. In: **SAWYER, R.K. (ed.) Cambridge handbook of the learning sciences**. Cambridge University Press. pp. 409-426. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/200773374_Computer-supported_Collaborative_Learning_An_Historical_Perspective/link/551dc6d50cf29dcabb033408/download. Acesso em: 12 de abr. de 2021.

- STAHL, G.; KOSCHMANN, T.D.; SUTHERS, D.D. CSCL: An historical perspective. In: **Cambridge handbook of the learning sciences**. Cambridge, Inglaterra. Cambridge University Press. 2006.
- STRASSER, B.J. GenBank – Natural History in the 21st Century? **Science**, [s.l.], [s.n.], v. 322, n. 5901, p. 537-538, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1163399>
- SUTTON, C. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. **Enseñanza de las Ciencias**, Vigo (Espanha), UVIGO, v.21, n. 1, p. 21-25, 2003. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21883/21717>.
- TARTUCE, G.L.B.; MORICONI, G. M., DAVIS, C. L.; NUNES, M.M. Desafios do ensino médio no Brasil: iniciativas das secretarias de educação. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, Fundação Carlos Chagas. v.48, n.148 p. 478-504. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198053144896>. Acesso em: 12 de mar. de 2021.
- TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. O ensino de Genética: a visão de professores de Biologia. **Rev.Cient. Schola**, Santa Maria, CMSM. v.2, n.1, p. 83-95, 2018. Disponível em: http://www.cmsm.eb.mil.br/images/CMSM/revista_schola_2018/Artigos_alterados/II._1._O_ensino_de_Gen%C3%A9tica_-_a_vis%C3%A3o_de_professores_de_Biologia.pdf. Acesso em: 2 de abr. de 2021.
- THAMPI, S.M. **Introduction to Bioinformatics**. Cornell University. Ithaca, EUA. 2009. 155p. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0911/0911.4230.pdf>. Acesso em: 27 de jul. de 2021.
- THEODORO, F.C.M.; COSTA, J.B.S.; ALMEIDA, L.M. Modalidades e recursos didáticos mais utilizados no ensino de Ciências e Biologia. *Estação Científica*, UNIFAP, Universidade Federal do Amapá, v. 5, n.1, 2015.
- TORRES, P.L.; IRALA, E.A.F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. In: TORRES, P.L. (org.) **Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento**. Curitiba, Senar, p. 61-93. 2014.
- TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2006. 375p.

- TRIVELATO, S.L.F.; TONIDANDEL, S.M.R. Ensino por investigação: eixos organizadores para seqüências de ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, UFMG, v.17, n. ESPECIAL, p.97-114. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s06%20>.
- VACCAREZZA, L. S. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. **Revista Iberoamericana de Educación**. Madri, Espanha, Organização dos Estados Iberoamericanos, v.18, p. 21-33, 1999.
- VAL, M.D.G.C. O que é ser alfabetizado e letrado? In: **CARVALHO, M.A.F. de; MENDONÇA, R.H. (Orgs). Práticas de escrita e leitura**. Brasília, MEC, p.18-23. 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/grades/salto_ple.pdf Acesso em: 16 de jul. de 2021.
- VALADARES, J. A Teoria da Aprendizagem Significativa como Teoria Construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, UFRGS. v.1, n.1, p.36-57. 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID4/v1_n1_a2011.pdf. Acesso em: 02 de jun. 2020.
- VALÉRIO, M.; BAZZO, W.A. O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.25, n.1, p.31- 39. 2006. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/34/16>. Acesso em: 12 de jul. de 2021.
- VALLE, M.G. **Argumentação na produção escrita de professores de ciências: implicações para o ensino de Genética**. Dissertação (Mestrado em Educação). São Paulo, Universidade de São Paulo. 2009. 110f. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-24092009-150621/pt-br.php>. Acesso em 14 de jun. de 2021.
- VARSAVSKY, O. **Ciencia, política y cientificismo**. Buenos Aires: CEAL, 1979.
- VEIGA, M.L. Formar para um conhecimento emancipatório pela via da educação em ciências. **Revista Portuguesa de Formação de Professores**. [s.l.], [s.n.], v.2, 49-62, 2002.
- VENTER, J.C. Multiple personal genomes await. **Nature**, [s.l.], [s.n.], v. 464, p.676–677, abr., 2010.

- VERLI, H. O que é Bioinformática? In: VERLI, H. (Org.) **Bioinformática: da Biologia à flexibilidade molecular**. 1^a. ed, São Paulo, 2014. 282p.
- VYGOTSKY, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes. 2000. 520p.
- WARTHA, E.; BERTOLDO, T. Ruptura, superação e engajamento no ensino de Ciências. **Com a Palavra, o Professor**, [s.l.], [s.n.], v. 4, n. 9, p. 85-98, ago. 2019.
- WEFER, S.H.; SHEPPARD, K. Bioinformatics in high school biology curricula: a study of state science standards. **CBE – Life Sciences Education**, Bethesda (EUA), ASCB. n.7, v.1, p.155-162. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.07-05-0026>.
- 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**. [s.l.], [s.n.], v. 96, n. 1, p.78-103, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sce.20465>. Acesso em: 27 de ago. de 2021.
- ZATZ, M. **Genética: a escolha que nossos avós não faziam**. São Paulo: Globo, 2012.
- ZÔMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, UFMG, n. 13, v.3, p.67-67. 2011.

DESDOBRAMENTOS DO ESTUDO

Resultados gerados a partir da inserção da aluna no Curso de Doutorado do Programa em Ensino em Biociências e Saúde

CONGRESSOS, ENCONTROS, SIMPÓSIOS (NACIONAIS E INTERNACIONAIS)

ANO 2017

JULHO

<p>No XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências apresentamos um trabalho realizado com monitores em uma perspectiva de multiplicação de conhecimento. O encontro foi realizado de 3 a 6 de julho de 2017, na UFSC, Florianópolis – SC.</p>	 <p>Certificado</p> <p>Certificamos que o trabalho intitulado MONITORES COMO AGENTES MULTIPLICADORES NO ENSINO DE BIOLOGIA EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE EDUCAÇÃO INTEGRAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, de autoria de ANNA CAROLINA DE OLIVEIRA MENDES, AMANDA PERSE DA SILVA, VANESSA CARDEAL JORGE LANDO, EDUARDO DE LIMA FONSECA E MARIA DE FÁTIMA ALVES DE OLIVEIRA foi apresentado no XI ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), realizado de 3 a 6 de julho de 2017.</p> <p>Sandra Salles Presidente ABAPEC Comissão Organizadora XI ENPEC</p> <p>Suzani Constanti Secretário Adjunto ABAPEC Comissão Organizadora XI ENPEC</p> <p>XI ENPEC Florianópolis - SC</p>
---	---

SETEMBRO

<p>No VIII EREBIO apresentamos o funcionamento de um programa de formação de agentes multiplicadores, com alunos-monitores de escola pública na disciplina Biologia e identificamos a percepção dos alunos ao participarem dessa formação. O evento foi realizado por 3 instituições na cidade do Rio de Janeiro, no período de 11 a 13 de setembro de 2017.</p>	 <p>VIII EREBIO</p> <p>Certificado</p> <p>Certificamos que o trabalho intitulado A FORMAÇÃO DE AGENTES MULTIPLICADORES NO ENSINO DE BIOLOGIA EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE EDUCAÇÃO INTEGRAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, de autoria de Anna Carolina de Oliveira Mendes, Amanda Perse da Silva, Vanessa Cardal Jorge Lando, Eduardo de Lima Fonseca, Georgiana Silva dos Santos, Vanessa Saleta de Paula, Maria de Fátima Alves de Oliveira foi apresentado no VIII EREBIO RJ/ES - Encontro Regional de Ensino de Biologia RJ/ES, realizado na UNIRIO, UFRJ (Pavão Vermelha) e Instituto Biológico Constant, nos dias 11, 12 e 13 de setembro de 2017.</p> <p>Luiz Carlos Lima Viêla Presidente da Comissão UFRJ SBEnBio</p> <p>Maria Margarida Gomes Presidente da Comissão Local UNIRIO - UFRJ - IBC</p> <p>SBEnBio Associação Brasileira de Ensino de Biologia Regional 2 RJ/ES</p> <p>UNIRIO Universidade Federal do Rio de Janeiro</p>
--	---



No III Seminário de la Asociación Latino americana de Investigación en Educación en Ciencias, apresentamos dois trabalhos, um que aludia sobre diferentes estratégias didáticas para o Ensino de Ciências desenvolvidas por professores em um curso de formação de professores. E outro que abordava uma atividade interdisciplinar no ensino de Biologia sobre a temática Corpo, Gênero e Sexualidade. O encontro aconteceu em outubro/2018 em Guayaquil-Ecuador.



ANO 2019

JUNHO

No XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências submetemos um trabalho que versava sobre a utilização de jogos no ensino de nutrição em turmas de ensino fundamental II. O encontro foi realizado entre 25 a 28 de junho de 2019, na UFRN, Natal – RN.



OUTUBRO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar a percepção de um grupo de alunos de Ensino Médio sobre a utilização da ferramenta “Júri Simulado” como ferramenta interdisciplinar no ensino de Biologia. As análises revelaram que a ferramenta contribuiu para o desenvolvimento da interpretação, do senso crítico, da argumentação dos alunos, além de contribuir como metodologia ativa de aprendizagem. A conferência aconteceu no México, em outubro de 2019.



ANO 2020

JANEIRO

No VIII Encontro Nacional de Ensino de Biologia (VII ENEBIO) que seria realizado no final de abril de 2020, enviamos um texto, sobre a utilização da Feira de Ciências no ambiente escolar, onde analisamos a percepção docente sobre o letramento científico dos alunos pós feira. O evento fora remarcado por motivos da Pandemia pelo novo Sars-CoV2 e o trabalho fora apresentado em janeiro de 2021 de forma remota.



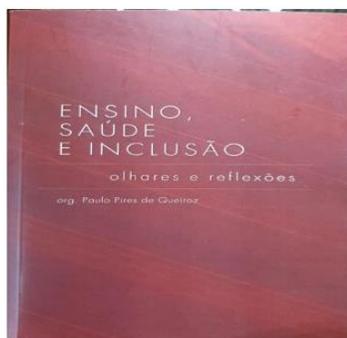
OUTUBRO

No 2º. Encontro de Ensino de Ciências por Investigação enviamos um trabalho relatando a experiência da elaboração de projetos científicos pelos alunos como estratégia para o Ensino por Investigação.



Capítulos de Livros publicados/submetidos na área de Ensino de Ciências

2018- Capítulo: “A interdisciplinaridade no Ensino de Biologia: pensando um currículo inclusivo”. Páginas 63 – 78.



A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE BIOLOGIA: PENSANDO UM CURRÍCULO INCLUSIVO

Anna Carolina de Oliveira Mendes¹

Maria de Fátima Alves de Oliveira²

2021- Capítulo: “Como pensar o ensino de Biologia hoje? Uma conversa à luz dos principais documentos oficiais”.
Páginas 350-363



CAPÍTULO 26

DOI: 10.47402/ed.ep.c202177525547

COMO PENSAR O ENSINO DE BIOLOGIA HOJE? UMA CONVERSA À LUZ DOS PRINCIPAIS DOCUMENTOS OFICIAIS

[Anna Carolina de Oliveira Mendes](#), Doutoranda em Ciências, FIOCRUZ. Docente de biologia, Fundação Osório/RJ

[Érica Cavalcanti de Albuquerque Dell'Asem](#), Doutoranda em Ciências, FIOCRUZ. Docente de biologia, Fundação Osório/RJ

[Georgianna Silva dos Santos](#), Doutora em Ciências, FIOCRUZ. Docente do Departamento de Técnicas e Método de Ensino - DMTE/CCE/UFPI

[Maria de Fátima Alves de Oliveira](#), Doutora em Ciências, FIOCRUZ. Docente do Programa de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde, IOC/FIOCRUZ

2022- Capítulo Submetido: “Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) & Ensino de Biologia: Uma reflexão necessária”

Autoras: Anna Carolina de Oliveira Mendes & Maria de Fátima Alves de Oliveira

Linha de pesquisa da PG-EBS: Ensino-aprendizagem em Biociências e Saúde.

O livro será publicado pela Editora CRV, com previsão para 2022.

2022- Capítulo Submetido: “Praticando Ciências no contexto escolar: um olhar sobre o ensino por investigação”

Autoras: Érica Cavalcanti de Albuquerque Dell Asem, Anna Carolina de Oliveira Mendes & Maria de Fátima Alves de Oliveira

Linha de pesquisa da PG-EBS: Produção de conhecimentos em práticas educativas em Biociências e Saúde.

O livro será publicado pela Editora Autografia, com previsão para 2022.

Artigos publicados/ Aceitos para publicação/ Submetidos em periódicos da área de Ensino de Ciências

2019

Lat. Am. J. Sci. Educ. 6, 12043 (2019)



Latin American Journal of Science Education

www.lajse.org



Um papo sério sobre corpo, gênero e sexualidade sob uma perspectiva interdisciplinar

Anna Carolina de Oliveira Mendes^a, Amanda Perse da Silva^b, Vanessa Cardeal Jorge Lando^c, Mariana Alves Prazeres Santos^d, Maria de Fátima Alves de Oliveira^e

2020/2021

Artigo submetido em 29/12/2020 com o título: “Revisitando o Ensino de Ciências no Brasil desde a década de 50 até os dias atuais”.

REVISTA CIÊNCIAS & IDEIAS ISSN: 2176-1477

CAPA	SOBRE	PÁGINA DO USUÁRIO	PESQUISA	ATUAL	ANTERIORES	NOTÍCIAS	MODELO	CARTA	OPEN JOURNAL	
Capa > Usuário > Autor > Submissões > #1743 > Resumo									Ajuda do sistema	
<h3>#1743 SINOPSE</h3>										
RESUMO	AVALIAÇÃO	EDIÇÃO								USUÁRIO
SUBMISSÃO										
Autores	Anna Carolina Oliveira Mendes, Érica Cavalcanti de Albuquerque Dell'Asem, Maria de Fátima Alves de Oliveira									
Título	REVISITANDO O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL: DESDE A DÉCADA DE 50 ATÉ OS DIAS ATUAIS									
Documento original	1743-7787-1-SM.DOCX 2020-12-29									
Docs. sup.	1743-7788-1-SP.PDF 2020-12-29			INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR						
Submetido por	Sra. Anna Carolina Oliveira Mendes									
Data de submissão	dezembro 29, 2020 - 12:29									
Seção	Artigos de Revisão									
Editor	Lêda Glicério Mendonça Eduardo Capossoli									
SITUAÇÃO										
Situação	Em avaliação									
Iniciado	2020-12-29									
Última alteração	2020-12-29									
Pesquisa										
Escopo da Busca										
<input type="text"/>										
<input type="button" value="Pesquisar"/>										
Procurar										
Per Edição										
Per Autor										
Per título										

2021/2022

Artigo publicado em 26/05/2022 com o título: “Concepções discentes sobre Genética e DNA à luz da tematização de Fontoura”.



Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar
Mossoró, v. 8, n. 26, maio/2022

CONCEPÇÕES DISCENTES SOBRE GENÉTICA E DNA À LUZ DA TEMATIZAÇÃO DE FONTOURA

STUDENT CONCEPTIONS ABOUT GENETICS AND DNA IN THE LIGHT OF THEMATIZATION BY FONTOURA

Anna Carolina de Oliveira Mendes¹ - FIOCRUZ
Maria de Fátima Alves de Oliveira² - FIOCRUZ

2022

Artigo submetido em 05/06/2022 com o título: “OLATCG: Ferramenta de Bioinformática para o ensino de Genética no Ensino Médio” e aceito para publicação no dia 18/08/2022 na Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC).

[REAMEC] Decisão editorial

2022-08-18 11:33 PM

Anna Mendes, Amanda, Luiz Miguel, Maria de Fátima Alves de Oliveira:

Foi tomada uma decisão sobre o artigo submetido à REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, "OLATCG: ferramenta de Bioinformática para o Ensino de Genética no Ensino Médio."

A decisão é: Aceito com correções obrigatórias.

Para a publicação do manuscrito é necessário o autor responsável pela submissão:

CONCEPÇÕES DISCENTES SOBRE GENÉTICA E DNA À LUZ DA TEMATIZAÇÃO DE FONTOURA

STUDENT CONCEPTIONS ABOUT GENETICS AND DNA IN THE LIGHT OF THEMATIZATION BY FONTOURA

Anna Carolina de Oliveira Mendes¹ - FIOCRUZ
Maria de Fátima Alves de Oliveira² - FIOCRUZ

RESUMO

Os crescentes avanços na área da Genética, bem como a ampla divulgação de seus termos na mídia, colocam a escola em um papel central para oportunizar aos alunos o entendimento dessas novas informações. Nesse contexto, os objetivos da pesquisa foram: identificar as concepções dos alunos em relação aos conceitos de Genética e DNA; e compreender se os estudantes conseguem perceber a relação DNA e proteína. Para tal, foi desenvolvido um estudo de caráter descritivo com abordagem qualitativa. O instrumento de coleta de dados foi um questionário semiestruturado, cujas respostas foram analisadas segundo a tematização de Fontoura. A análise dos resultados nos apontou algumas lacunas, como uma superficialidade nas respostas e muitos alunos que não conseguiram relacionar o DNA à proteína. Algumas sugestões podem ser inferidas como: um ensino com maior contextualização, diferentes recursos metodológicos, reestruturação curricular e dos livros didáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Genética; DNA; Ensino de Biologia

ABSTRACT

The increasing advancements in Genetics area, as well as the broad dissemination of its terms by media channels, place the school in a crucial role of allowing students to comprehend this new information. Within this scenario, this study aimed at: identifying students' conceptions on Genetics and DNA; understanding whether students can perceive the relationship between DNA and protein. For this purpose, we developed a descriptive study with a qualitative approach. Data was collected using a semi-structured questionnaire and the answers were analyzed according to thematization written by Fontoura. Data analysis has evidenced some gaps in teaching, like shallow answers and several students who cannot establish a connection between DNA and proteins. Some suggestions can be inferred, such as: a more contextualized teaching, varied methodological resources, curriculum and textbook restructuring.

KEYWORDS: Genetics Teaching; DNA; Biology Teaching.

DOI: 10.21920/recei72022826508528
<http://dx.doi.org/10.21920/recei72022826508528>

¹Professora EBT da Fundação Osório. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde da Fundação Oswaldo Cruz-RJ. E-mail: mendes.anna.c@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5139-0480>.
²Doutora em Ensino em Biociências e Saúde. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde da Fundação Oswaldo Cruz-RJ. E-mail: bioalves@yahoo.com.br / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1906-5643>.

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE GENÉTICA: anseios, expectativas e dificuldades

A Genética é a área das Ciências Biológicas que estuda os genes em sua estrutura e função (PIERCE, 2012), bem como de que forma se dá a transmissão das características dos organismos vivos, sejam elas morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas entre as diferentes gerações. No momento histórico atual, em meio à pandemia de Covid-19, a Genética e seus termos estão sendo disseminados por diferentes canais de comunicação numa crescente exponencial, seja pra informar da rapidez com que o genoma do Sars-Cov2 fora sequenciado em fevereiro de 2020, seja para debater um dos tipos de vacinas aprovadas contra o vírus causador da Covid-19, que utiliza o RNA-mensageiro, o tipo de vacina onde alguns genes modificados do vírus são selecionados para serem utilizados como imunizante.

O entendimento dessa gama de novas informações que chegam a todo momento depende de um conhecimento básico de Genética. É nesse contexto que está inserida a escola e o ensino de Genética, atuando como uma mediadora desse processo de aprendizagem, auxiliando na compreensão dos termos pelos alunos, da mesma maneira que facilita a identificação de uma notícia, quando ela traz em seu escopo uma pesquisa séria de cunho científico ou apenas uma manchete sensacionalista com *Fake News* (notícias falsas). Cada vez mais, Ciência e Tecnologia permeiam-se na sociedade e o entendimento claro dessa interconexão acaba por possibilitar aos estudantes um olhar mais crítico acerca dos acontecimentos dentro do seu contexto local e global.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) tenciona uma mudança na forma como a educação brasileira está sendo conduzida, com vistas à formação integral desse aluno, em um modelo de ensino que o discente atue como protagonista da própria aprendizagem. As competências descritas no texto de Ciências da Natureza objetivam o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, a autonomia nas pesquisas de conteúdo, a utilização de tecnologias de informação e comunicação, assim como a inserção das práticas como ferramentas pedagógicas.

A obra é organizada sob dois núcleos principais: as competências e as habilidades. A primeira pode ser compreendida como “a mobilização do conhecimento” (conceitos e procedimentos), enquanto a segunda (práticas cognitivas e socioemocionais) guarda muita relação com as ações escolhidas na resolução das demandas da vida cotidiana (BNCC, 2018, p. 8).

Ao longo do texto da BNCC de Ciências da Natureza (BRASIL, 2018), são apresentadas três competências que prezam pela articulação com aquelas gerais da educação básica, bem como as observadas na área de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental. Dessa forma, cada uma delas abrange habilidades a serem alcançadas de acordo com o documento. Na publicação, foram descritas um total de 23 (vinte e três) concernentes às três competências retratadas. Após leitura detalhada das habilidades citadas, selecionamos 4 (quatro) que têm relação com a temática de Genética, como podemos observar no Quadro 1:

Quadro 1 - Competências e Habilidades referentes à temática de Genética na BNCC.

Competência	Habilidade
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2	(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.
	(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.
	(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3	(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

Fonte: BNCC (BRASIL, 2018). Classificação feita pelas autoras.

Diante das habilidades escolhidas, é possível observar que o ensino de Genética, de acordo com o que está disposto na base, deve ser feito de forma interdisciplinar como apontado pelos autores da obra quando citam a importância da organização por áreas como um mecanismo fortalecedor das relações entre as disciplinas (BRASIL, 2009 *apud* BRASIL, 2018). Isso também pode ser observado ao longo das competências e habilidades destacadas no Quadro 1. Uma crítica que vem sendo feita é a forma menos abrangente que os conteúdos estão dispostos, fato que contribui para uma formação mais simplificada (MARTINS; FERREIRA; DIAS, 2019), ou também uma formação de aprendizes das novas tecnologias voltada para o mercado de trabalho.

A questão central evocada aqui não é julgar o mérito da distribuição curricular de Biologia no que tange ao ensino de Genética na BNCC, mas de ter a percepção real do quanto preparados estão os docentes para esse desafio, dado que é sabido que, tanto a Genética quanto a Evolução, perpassam quase todos os conteúdos de Biologia. A questão é o professor se sentir seguro para caminhar de forma interdisciplinar como preconizado por praticamente todos os documentos norteadores da educação básica brasileira.

Como fora retratado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2002), publicados há quase vinte anos, o ensino de Genética esbarra em dificuldades para ser executado pelos docentes. Um dos pontos recorrentes observados nessa dificuldade de abordagem de temas relacionados ao ensino de Genética pelos docentes é a quantidade de assuntos extremamente novos que, na maioria das vezes, não foram abordados ao longo de suas respectivas formações acadêmicas (SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019).

Outro ponto a ser levantado quando se fala da dificuldade docente de abordar Genética é a utilização de poucos recursos didáticos diferenciados. A maioria dos professores ainda se vê refém dos livros didáticos, e estes trazem em seus textos terminologias técnicas, muitas vezes descontextualizadas da realidade do aluno (ARAÚJO *et al.*, 2018). Outrossim, o modo que esses compêndios são utilizados em sala de aula remonta à onipotência em relação ao conteúdo trazido, o que não é a realidade, dado que são materiais de grande qualidade e utilidade, apesar de apresentarem limitações, uma vez que falham por não conseguirem trazer todo o conteúdo. Devendo funcionar como um dos recursos do professor em sala de aula, este se torna o

responsável por fazer uma transposição didática para tornar cada vez mais acessível aos alunos as informações apresentadas nos livros.

Para isso é necessário que o docente invista em cursos de atualização e formação continuadas pois, como apontou Krasilchik (2004), a formação dos docentes de Ciências e Biologia nas áreas de Genética e Biologia Molecular não contribui para uma aproximação entre as informações apresentadas pela grande mídia e o currículo escolar da área, visto que se trata, na maioria dos cursos universitários, de uma formação exclusivamente teórica com pouca correlação com o que ocorre dentro da sociedade. De mais a mais, soma-se a esse cenário, de acordo com a autora, a falta de equipamentos e materiais de aulas práticas (mesmo com opções já descritas de baixo custo) e a sobrecarga de trabalho dos professores, consequência de um salário insuficiente para suprir suas necessidades de vida.

Além das dificuldades já mencionadas no que concerne à dificuldade dos docentes ao trabalhar a Genética em sala de aula, podemos inserir a organização do currículo escolar de Biologia no Ensino Médio. Nele observamos que temas como ácidos nucleicos e divisão celular são usualmente trabalhados no primeiro ano do EM, ao passo que a Genética só é discutida no terceiro ano. Isso coloca tanto professor como aluno em uma descontinuidade perceptível no ensino (AMORIM, 2001), porque, ao se abordar temas como hereditariedade e transmissão das características hereditárias, o aluno depende de conceitos-chave sobre estrutura molecular dos ácidos nucleicos, síntese de proteínas e conceitos de divisão celular, para que não reduzam a Genética e as leis de Mendel ao cruzamento de letrinhas como "AA" e "Aa" (BORGES; LIMA, 2007).

Em face dessas dificuldades observadas no ensino de Genética, Leal e colaboradores (2017) estabeleceram conteúdos estruturantes para a apreensão da Genética, são eles Biologia Celular, Biologia Molecular, Divisão Celular e Gametogênese, assim como a Evolução das espécies que perpassa todos os temas supracitados. Sendo todos relevantes e fundamentais no aprendizado de Genética. Deste modo, uma reestruturação curricular se faz necessária para que os alunos tenham uma visão interdisciplinar, proporcionando debates e construção de um aprendizado múltiplo.

Para os alunos, uma das principais dificuldades observadas na aprendizagem de Genética é o nível de abstração dos conteúdos e, conseqüentemente, a compreensão dos conceitos (BRANCO; CASTRO; SILVA, 2019). O aprendizado pelos alunos torna-se muitas vezes complexo, por eles não conseguirem relacionar os conceitos apresentados à sua realidade, marco importante na constituição de uma aprendizagem com significado.

Cabe ressaltar que o aluno possui seus conhecimentos prévios, uma vez que Genética é abordada de forma superficial no Ensino Fundamental (Anos Finais) e a mídia também traz diversos conceitos arraigados nas notícias veiculadas diariamente. Esses conhecimentos devem ser trabalhados pelo professor, uma vez que tais concepções trazidas pela mídia, muitas vezes, apresentam erros que dificultam o aprendizado, cabendo ao professor, nesse momento, reconhecê-las e criar estratégias que oportunizem ao aluno trocar a concepção errônea pela cientificamente correta (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018).

Essa transformação de uma concepção pelo aluno normalmente ocorre quando este se vê diante de uma situação-conflito (fornecida pelo docente) em que, diante de um incômodo inicial com suas ideias antigas, o próprio docente deva buscar solução com as novas concepções para resolver o problema proposto (MORTIMER, 1996). Isso proporciona, com o tempo, a resignificação ou até mesmo a transformação da concepção prévia pela trazida pelo docente.

A Genética engloba, dentro do seu currículo, muito do avanço tecnológico retratado nos dias de hoje ao abordar temas relacionados à Biologia Molecular, Mutagênese, Citogenética, Transgenia e outros. Tudo isso desperta a atenção dos alunos, porém, com o desenrolar das

aulas e o excesso de termos técnicos, vocabulários específicos, apresentações apenas cognitivas, falta de interação entre professores e alunos, o interesse acaba se esvaindo (SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019). Soma-se a essas dificuldades muitos conceitos conflitantes entre o que se aprende em sala de aula e o que se ouve no senso comum sobre os fenômenos genéticos (SILVEIRA, 2008).

Nessa perspectiva, os objetivos do presente texto foram identificar as concepções dos alunos em relação aos conceitos de genética e DNA e compreender se os estudantes conseguem perceber a relação DNA e proteína.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo é de caráter descritivo com abordagem qualitativa. O presente estudo, por fazer parte de uma pesquisa de doutoramento, foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Fundação Oswaldo Cruz protocolado com a identificação CAAE: 29017320.0.0000.5248, número do parecer: 3.970.858. O contexto de estudo foi um colégio público da rede federal de ensino do Rio de Janeiro, localizado na região central da cidade, a aproximadamente 3km de distância da prefeitura da cidade.

Participaram da pesquisa 62 alunos (32 do 1º ano e 30 do 3º ano, ambos do Ensino Médio), com idade variando de 14-18 anos e todos regularmente matriculados no colégio. Importante ressaltar que o estudo com esses alunos se iniciou somente após concordância na participação da pesquisa. A escolha pelos referidos anos se deu mediante análise da grade curricular do colégio, que segue o modelo mais adotado pelos principais livros didáticos, com o conteúdo de *Núcleo e Cromossomos* no primeiro ano e *Genética* no terceiro ano.

Para a identificação das concepções dos alunos com relação aos conceitos de Genética, foi elaborado um questionário semiestruturado (COSTA; COSTA, 2014) composto por dezoito perguntas, das quais treze eram perguntas fechadas e cinco eram abertas. No presente estudo, somente apresentaremos três dessas perguntas abertas. Como forma de adaptação do presente trabalho à realidade da pandemia de Covid-19, o questionário fora todo realizado pelo *Google Forms*.

Para análise e interpretação dos dados, foi adotada a Tematização (FONTOURA, 2011, p. 71-73). Assim, a pesquisa qualitativa foi escolhida pois valoriza a dinâmica de interação do sujeito com o mundo que o cerca, aproxima o pesquisador da situação e dos sujeitos a serem pesquisados (LÜDKE; ANDRÉ, 2013). De acordo com Fontoura (2009, p. 26) ao trabalhar com a Tematização, é imprescindível que o pesquisador “relate os procedimentos a seus leitores de forma clara, para que entendam os processos de escolha e de análise.”

Fontoura (2011, p. 71) expõe, em etapas, a forma de organizar as informações coletadas na pesquisa, etapas essas que serão utilizadas nas análises das questões abertas desse estudo, são elas: 1- Leitura atenta de todo o material; 2- Demarcação do que será considerado importante, delimitação do corpus de análise iniciando pelo recorte das unidades de registro, que podem ser palavras, frases, ideias; 3- Levantamento dos temas a partir do agrupamento das unidades de registro e do que se quer evidenciar na pesquisa; 4- Definição das unidades de contexto - trechos mais longos e apresentados conforme aparecem no texto, tendo como objetivo justificar a escolha do tema e auxiliar na compreensão deles; 5- Separação das unidades de contexto; 6- Interpretação dos dados à luz dos referenciais teóricos.

Tais etapas de análise foram aplicadas aos dados coletados nas questões abertas do questionário utilizado com os estudantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira questão tencionava alcançar qual era a concepção sobre a temática Genética. A análise e a interpretação das respostas nos permitiram extrair o mesmo tema para ambas as turmas estudadas, a saber: *Concepções discentes sobre Genética*. As respostas do 1º ano foram divididas em três categorias e as do 3º ano em quatro, conforme os quadros 2 e 3, respectivamente. Cumpre enfatizar que, neste estudo, as categorias emergiram somente após a análise minuciosa de todas as respostas, conforme sinaliza Fontoura (2011), e não definidas *a priori*.

Quadro 2 - Categorias elaboradas do tema “Concepções Discentes sobre Genética” com as respostas dos alunos do 1º ano a partir da Tematização de Fontoura (2011).

Questão: Pra você, o que é Genética?	
Categorias	Unidades de Contexto
Hereditariedade	<p>Genética é algo que define as características do ser, por meio da hereditariedade (A11).</p> <p>Hereditariedade dos pais pros filhos, da transmissão... (A14).</p> <p>Genética pra mim é algo dos pais que passa para o filho na fecundação do bebê (A16).</p> <p>Para mim, é uma parte da ciência que estuda os genes passados de geração em geração (A20).</p> <p>Genética é características herdadas de seus antepassados (A22).</p> <p>Acredito que seja o material genético que é passado de pais para filhos (A27).</p> <p>Alguma coisa hereditária, que está sendo passada de linhagem para linhagem (A29).</p> <p>Não sei ao certo, mas acho que tem relação com DNA, e tem a ver com sua família, antepassados etc. (A32).</p>
Atribuição das Características do Ser Vivo	<p>Algo que define características (A1).</p> <p>Para mim, genética é a forma de corpo que cada um tem a parte de metabolismo entre outros (A3).</p> <p>Para mim, genética é o que dá as características ao indivíduo (A17).</p> <p>Conjunto de informações que formam a essência do ser humano e é único (A18).</p> <p>É o conjunto das características que vemos nos seres vivos, por exemplo, a cor dos olhos, o tipo sanguíneo, a cor das flores de uma planta, a cor do pelo de um gato... (A31).</p>
Estudo dos Genes	<p>Estudo dos genes (A12).</p> <p>Estuda os genes e a hereditariedade (A15).</p> <p>Para mim, é uma parte da ciência que estuda os genes passados de geração em geração (A20).</p> <p>A Genética é a parte da Biologia que estuda os genes e os mecanismos que garantem a hereditariedade (A26).</p>

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Quadro 3 - Categorias elaboradas do tema "Concepções Discentes sobre Genética" com as respostas dos alunos do 3º ano a partir da Tematização de Fontoura (2011).

Questão: Pra você, o que é Genética?	
Categorias	Unidades de Contexto
Relação do DNA com a Evolução das Espécies	É o estudo do DNA, das mutações, dos cruzamentos, como tudo isso acontece e o que essas coisas podem causar na evolução (E1).
Hereditariedade	<p>É o que faz a gente ter algumas características principalmente dos nosso pais e avós (E2).</p> <p>É um tipo de característica física que herdamos de nossos pais (E5).</p> <p>Área estuda as características hereditárias de um grupo (E8).</p> <p>Para mim, genética são as características que uma filha herda da mãe, por exemplo, seja fisicamente ou apenas no jeito de ser (E10).</p> <p>Genética é quando decodificamos o DNA, quando entendemos de onde nossas características são herdadas (E14).</p> <p>Para mim, a genética é um assunto bem amplo, envolvendo o DNA, que é uma molécula semelhante a uma mola herdada de nossos pais, que tem toda a informação para fazer nosso corpo funcionar. O RNA, que não lembro ao certo a função. A hereditariedade, que é a herança de características. Creio que esses são os assuntos que mais ficaram na minha cabeça (E15).</p> <p>Genética é algo que carrega as características da família (E16).</p> <p>Genética, para mim, é algo que você possui no seu DNA, genética de família (E23).</p> <p>É todo composto relacionado à herança da linha genealógica e traços da aparência física, é onde achamos problemas como anomalias e doenças, que podem ser provenientes dos laços parentais ou do meio em que vivemos (E27).</p>
Constituição do Ser vivo	<p>A identidade do nosso corpo (E9).</p> <p>É a parte onde estudamos a formação de todo o nosso corpo e o nosso dna (E11).</p> <p>É um estudo sobre os seres para que a gente possa entender de onde veio, biologicamente falando, e para onde vai (E24).</p>
Estudo dos Genes	<p>Estudo dos genes (E3).</p> <p>É uma matéria da biologia que estuda os genes (E13).</p> <p>Ciência que estuda os genes (E19).</p> <p>Genética é o estudo dos genes de algum ser vivo, compreendendo o material genético que o caracteriza (E22).</p> <p>Estudo dos genes, onde cada parte do material genético tem uma função característica própria nossa (E26).</p> <p>É o estudo das características e funções dos genes e como eles influenciam nas características biológicas manifestadas pelos seres humanos (E28).</p>

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Análise da categoria hereditariedade

O grande número de unidades de contexto relacionadas à essa categoria, observado nas duas turmas estudadas, corroboram os resultados obtidos por Leal, Meirelles e Roças (2019). No estudo das referidas autoras, ao serem perguntados o que vêm à mente quando a palavra Genética é falada, os estudantes associaram a área a algo herdado ou transmitido à prole. No estudo

supracitado, a metodologia divergiu da nossa, já que ela ocorreria por análise de conteúdo (BARDIN, 2011) e os discursos analisados dentro da categoria *herdado/transmitido*, nas palavras das autoras, ocorreram de maneira superficial e reducionista.

Na presente pesquisa, também pudemos observar unidades de contexto que reduzem a Genética à herança dos pais para os filhos, como também relacionam essa herança aos antepassados, dados estes que mostram também uma forma superficial de ver o campo. Entretanto, na nossa concepção, partir de respostas incompletas – ou até errôneas – quando falamos do processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, podem representar um obstáculo ao docente, porém possibilitam também a transformação dessas *misconceptions* em concepções cientificamente aceitas (SCHNETZLER, 1992). Daí a importância de conhecer os saberes prévios dos estudantes.

A unidade de contexto registrada pelo estudante A20, do 1º ano: “*Para mim, é uma parte da ciência que estuda os genes passados de geração em geração*”, além de apontar a relação da hereditariedade, vinculou essa transmissão aos genes, utilizando uma das definições mais clássicas da Genética (PIERCE, 2012), que é o estudo dos genes. Diante disso, a resposta fora classificada em duas categorias distintas (Hereditariedade e Estudo dos Genes).

Como já mencionado no texto, o educador, para viabilizar essa transformação, precisa colocar o aluno frente a uma situação conflito, ao passo que o discente, diante de uma insatisfação com suas ideias prévias, sinta necessidade de encontrar novas explicações para o problema que lhe fora proposto, o que contribui para um sucessivo processo de mudança conceitual de suas concepções prévias para as apresentadas pelo docente (MORTIMER, 1996). Sendo a Genética uma área que perpassa a vida dos discentes, é natural que este chegue à sala de aula com algumas ideias e conceitos “prontos” aprendidos ao longo da vida. Identificar essas concepções errôneas relacionadas à Genética também é de suma importância para que haja um aprendizado real e duradouro com relação aos temas dessa Ciência (KLAUTAU-GUMARÃES *et al.*, 2008).

Ainda dentro da categoria *hereditariedade*, conseguimos observar diferenças, mesmo que mínimas, na complexidade de respostas, quando comparados o 1º com o 3º ano. Pudemos observar unidades de contexto extremamente detalhadas, como o E27, que aponta desde a herança genealógica da família, como também aborda as anomalias e doenças e a origem delas, versando sobre tanto o laço parental quanto o meio o qual está inserido. Os alunos E14 e E15 apontam a importância do DNA no processo enquanto molécula que, quando decodificada, traz as informações para compor aquele ser. Nesse sentido, os alunos do 1º ano se ativeram na forma simplificada da herança das características dos pais.

Esse achado é natural, visto que o ensino de Genética é fragmentado dentro da organização curricular sugerida nos principais documentos norteadores de currículo, em que os alunos do primeiro ano do Ensino Médio estudam os ácidos nucleicos e divisão celular, enquanto os outros temas relacionados à Genética são discutidos no terceiro ano do Ensino Médio (BELMIRO; BARROS, 2017). Isso aponta uma descontinuidade no ensino e acaba contribuindo para a não compreensão do todo. Tal fragmentação também justifica as muitas respostas de alunos do 3º ano que foram construídas de modo deveras simplificado e superficial. Como sinaliza Justina (2001), a estrutura cromossômica, assim como os mecanismos de transmissão das informações genéticas, depende da própria estrutura molecular dos ácidos nucleicos e da duplicação do DNA.

Análise da categoria: atribuição das características do ser vivo

Nessa categoria, os estudantes conseguiram relacionar a Genética às suas próprias características. A consciência dessa relação é inclusive estimulada em uma das habilidades da

segunda competência da BNCC de Ensino Médio na área de CNT (Ciências da Natureza e suas Tecnologias), que estimula um ensino que vise a “interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização, da composição molecular à biosfera.” (BNCC, 2018, p. 543). As unidades de contexto, mais uma vez, por se tratar de alunos do primeiro ano do Ensino Médio, apresentam uma superficialidade. Contudo, destacamos o estudante A31, que conseguiu, além de fazer a relação direta, apresentar exemplos claros dessas características.

Análise da categoria: estudo dos genes

Esta última categoria observada entre as respostas dos alunos do 1º ano também fora observada entre os respondentes do 3º ano. Como já sinalizado no texto, uma das definições mais utilizadas na Genética é exatamente esta: Ciência que se encarrega de estudar tanto a estrutura quanto a função dos genes nos diferentes tipos organismos, assim como compreender o comportamento dos genes em nível de populações (PIERCE, 2012).

Tal como discutido na introdução, a Genética é uma das áreas de mais difícil compreensão dentro da Biologia. Uma das dificuldades observadas são os nomes das estruturas ou dos processos que ocorrem na célula, dentre eles, polialelismo, alelo, gene, entre outros (CID; NETO, 2005). Por isso, conseguir fazer relações com tais conceitos é algo que nos chamou atenção, já que observamos respostas objetivas que tratavam a Genética como “estudo dos genes”. De maneira similar, observamos um estudante de 3º ano que fora capaz de estabelecer a relação completa entre o gene e as características manifestadas pelos seres humanos: “É o estudo das características e funções dos genes, e como eles influenciam nas características biológicas manifestadas pelos seres humanos.” (E28).

Análise da categoria: relação do DNA com a evolução das espécies

A categoria surgiu com apenas uma unidade de contexto entre os alunos respondentes do 3º ano, que descrevera Genética da seguinte forma: “É o estudo do DNA, das mutações, dos cruzamentos, como tudo isso acontece e o que essas coisas podem causar na evolução.” (E1). Uma resposta aparentemente simples, porém, tão completa e que nos fez refletir, inclusive, acerca da forma como a Biologia deve ser vista, visto que é uma Ciência extremamente abrangente, que estuda de forma integrada indivíduos e espécies, levando em conta as transformações que ocorrem ao longo do tempo - evolução -, constituição dos organismos, comportamento e formas de interação entre outras espécies e o meio ambiente (ARAUJO *et al*, 2018)

Nesse sentido, a percepção do aluno E1 acerca da relação existente entre Genética e Evolução, mostra-nos que existiu, em algum momento, a construção de um caminho de aprendizagem por ele - que é o esperado quando se trabalha o tema Genética - e que o aluno fora capaz de enxergar além dos nomes difíceis e cálculos de probabilidade.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2002), a Genética deve ser trabalhada em sala de aula de uma forma que oportunize aos alunos o desenvolvimento de competências e habilidades que os permita entender, descrever e caracterizar a molécula de DNA, correlacionando tal estrutura à transmissão de caracteres hereditários, além de ainda entender a relação intrínseca que existe entre as mutações e alterações no código genético com o que pode se chamar de diversidade planetária. Entendendo essa relação, o aluno compreende os mecanismos de evolução e traz uma significação maior para o seu aprendizado.

Análise da categoria: constituição do ser vivo

A última categoria observada entre os alunos do 3º ano aponta a associação constatada pelos discentes da Genética como área responsável pela criação da identidade e que é capaz de proporcionar entendimento sobre de onde vim e para onde vou. No que concerne esse olhar para a Genética, a BNCC (BRASIL, 2018) trouxe em sua redação a descrição das habilidades necessárias para alinhar, de forma conjunta e interdisciplinar, o trabalho de Genética com o estudo da Evolução Biológica e Biologia da conservação.

A BNCC suscita um importante debate sobre o ensino de Genética. De acordo com o texto, o aprendizado de Genética é fundamental para o entendimento e compreensão das discussões ocorridas na sociedade (BRASIL, 2018). Dessa forma, ela prevê uma revisão dos currículos das redes de Educação para o Ensino Médio, o que já vem ocorrendo em todas as Unidades da Federação (SILVÁ, 2021) e que já fora implantado no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, que traz os livros de Ensino Médio reformulados.

A contextualização dos temas é importante para aproximar o aluno do que está sendo abordado, visto que ele já tem contato com a temática em diferentes momentos de sua vida, seja pela mídia, redes sociais, educação formal, entre outros. Temas como manipulação vegetal – com vistas à otimização da cadeia produtiva de alimentos – e pesquisa com células-tronco com o intuito de produzir medicação e tratamentos para doenças são alguns dos exemplos (ZATZ, 2012).

O que é o DNA para você?

Na segunda pergunta, queríamos verificar a concepção sobre um dos termos mais utilizados no ensino de Genética, que é o DNA. A análise e a interpretação das respostas nos permitiram extrair o mesmo tema para ambas as turmas estudadas, o qual foi: *Concepções Discentes sobre DNA*. Sendo assim, as respostas do 1º ano foram divididas em duas categorias e as do 3º ano foram divididas em três, conforme os quadros 4 e 5, respectivamente.

Quadro 4 – Categorização das respostas sobre a concepção dos alunos de 1º ano sobre o conceito de DNA.

Tema: Concepções sobre DNA	
Questão: O que é DNA para você?	
Categorias	Unidades de Contexto
Informação/Instrução Genética	<p>Aquela escadinha em espiral que tem as informações mais importantes sobre você (A1).</p> <p>O DNA para mim é também a Genética da pessoa, é algo que vem dos parentes da família da pessoa (A4).</p> <p>Um composto que contém as características hereditárias (A12).</p> <p>Eu acho que é o lugar onde fica guardado as características de um ser vivo (A13).</p> <p>É onde estão as minhas características, que foram passadas dos meus pais para mim (A16).</p> <p>O DNA coordena o desenvolvimento e funcionamento de todos (A19).</p> <p>Proteína que faz a caracterização do seu corpo (A22).</p> <p>Todo mundo possui e dentro dele está todas (a maior parte...) as características da pessoa (A24).</p>

	<p>O ácido desoxirribonucleico é um composto orgânico cujas moléculas contêm as instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos e alguns vírus, e que transmitem as características hereditárias de cada ser vivo (A26).</p> <p>Material genético presente em nosso organismo que mostra sobre minha hereditariedade, ou seja, junção de genes dos meus pais (A27).</p> <p>Uma molécula presente no núcleo das células dos seres vivos que carrega toda a informação genética de um organismo (A31).</p>
Terminologia	<p>Deoxyribonucleic acid em inglês, ou em português ácido desoxirribonucleic (A10).</p> <p>Ácido desoxirribonucleico (A11).</p> <p>Ácido desoxirribonucleico (A28).</p>

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Quadro 5 - Categorização das respostas sobre a concepção dos alunos de 3º ano sobre o conceito de DNA.

Tema: Concepções sobre DNA	
Questão: O que é DNA para você?	
Categorias	Unidades de Contexto
Informação/Instrução Genética	<p>Ajuda na formação das nossas características (E1).</p> <p>É o que carrega as características de cada ser vivo (E2).</p> <p>Código genético do nosso corpo (E9).</p> <p>Todas as características genéticas de um ser vivo (E10).</p> <p>Como disse anteriormente na minha resposta sobre genética, é uma molécula semelhante a uma mola herdada de nossos pais que tem toda a informação para fazer nosso corpo funcionar (E15).</p> <p>DNA contém todas as informações genéticas, é isso faz com que ele comande o funcionamento e desenvolvimento humano (E16).</p> <p>É onde fica guardado nosso código genético e contém nossas características, e esses podem ser categorizados (E17).</p> <p>O que guarda os dados do nosso organismo, externa e internamente (E21).</p> <p>Acho que a definição que mais faz sentido para mim é o material genético que codifica o ser humano (E22).</p> <p>É uma sequência de informações que os seres vivos recebem através de um parente ou ancestral para formar o corpo biológico (E24).</p> <p>É como se fosse nossa bolsa de carga genética, onde iremos achar nossa herança genética (E27).</p> <p>É o material genético responsável pela manifestação das características herdadas pelos genes (E28).</p>
Característica estrutural do DNA	<p>Sequência de nucleotídeos (E3).</p> <p>Material genético de dois filamentos composto por: Citosina, Guanina, Timina e Adenina (E7).</p> <p>É um ácido nucleico que possui os genes (E13).</p> <p>DNA para mim, são 2 fitas que se complementam formando uma sequência, com várias opções de código (ATCG) (E23).</p> <p>É um ácido nucleico que armazena a informação genética dos seres vivos (E29).</p>
Autorreconhecimento da relação DNA/corpo	<p>DNA é a parte onde nós estudamos o nosso desenvolvimento e a nossa genética (E11).</p> <p>DNA é o que nós somos. Ele que mostra nossas características (E14).</p>

E quem eu sou, algumas de minhas características (E20).

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A BNCC destaca, dentro das competências específicas para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, a importância do conhecimento dos seres vivos com relação a sua conformação e funcionamento e, mais especificamente no ensino de Genética, reitera a necessidade de:

explorar como os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados às aplicações do conhecimento sobre DNA e células pode gerar debates e controvérsias – pois, muitas vezes, sua repercussão extrapola os limites da ciência, explicitando dilemas éticos para toda a sociedade. (BRASIL, 2018, p. 554).

Dentre os assuntos mais relevantes da Genética, destaca-se o DNA, que de tanta veiculação na mídia, acabou transpassando os muros escolares. Seu modelo em dupla hélice é supostamente uma das mais representadas na atualidade, sendo associada a produtos comerciais e muito utilizada como ícone da Ciência (JANN; LEITE, 2010).

Análise da categoria: informação/instrução genética

A relação observada entre a molécula de DNA e as informações que ela traz para a constituição do ser foram apontadas pelos alunos nas unidades de contexto que compuseram essa 1ª categoria de resposta tanto para o 1º ano do Ensino Médio quanto para o 3º ano.

O conceito de DNA é abstrato (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018) e nos chamou atenção as respostas na 1ª categoria as quais conseguiram relacionar a molécula com sua função (de forma superficial), mesmo sem ainda fazerem a relação DNA x proteína. Dentre essas respostas, podemos destacar duas unidades de contexto, uma de um aluno de primeiro ano, que reportou: “O ácido desoxirribonucleico é um composto orgânico cujas moléculas contêm as instruções genéticas que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres vivos e alguns vírus, e que transmitem as características hereditárias de cada ser vivo” (A26). Além desse, um aluno do 3º ano escreveu: “É o material genético responsável pela manifestação das características herdadas pelos genes” (E28).

Entretanto, ao realizar uma busca mais atenta na internet, foi possível observar que a resposta apresentada pelo estudante A26 fora retirada na íntegra do site Wikipedia, ficando caracterizada por uma forma de plágio. De acordo com Krokosz (2011), considera-se plágio uma ação realizada na cópia de ideia, estrutura ou pesquisa – em sua totalidade ou fragmentos – de um trabalho ou página da internet sem citar a fonte ou fazer uma referência ao autor.

Essa prática, já usual entre os estudantes mesmo antes da pandemia, com o advento do ensino remoto decorrente do distanciamento social, tornou-se um ponto a ser ainda mais combatido e, mesmo que os discentes estivessem a responder uma pesquisa cujos resultados não seriam avaliados na disciplina de Biologia, alguns recorreram à forma mais “rápida” de responder ao questionário.

Análise da categoria: terminologia

A segunda categoria que emergiu das análises das respostas dos alunos do 1º ano foi *Terminologia*. Nessa categoria, apenas foram inseridas as respostas que tão somente citavam a

decodificação da sigla DNA. Essa última categoria fora analisada de forma conjunta com a segunda categoria entre os alunos do 3º ano, que foi *Característica Estrutural do DNA*. Tanto na primeira classificação quanto nessa segunda, é perceptível que os estudantes somente abordavam a terminologia ou a estrutura da molécula, não fazendo correlação com sua função, tal qual observado na análise da primeira categoria descrita. Esses últimos dados corroboram com aqueles observados no estudo de SAKA e colaboradores (2006), que também observaram que os alunos faziam referências à estrutura e à composição do DNA, mas falhavam na descrição de suas funções.

Essa dificuldade de estabelecer relações entre a molécula, a meiose, a variabilidade genética e a hereditariedade é perceptível entre os alunos da mesma forma que o modelo dupla hélice que, como já mencionado nessas linhas, um dos modelos mais disseminados na sociedade e nos livros didáticos da educação básica e que demanda conhecimento de forma e função a fim de ser compreendido (ANDRADE; CALDEIRA, 2009), da mesma forma que conseguimos observar explicações próprias para explicar fenômenos científicos. Entretanto, a inexistência de conexões entre os conceitos – também já descrita aqui – ou as conexões construídas de maneira incorreta, tornam as explicações incompletas e, inclusive, muitas vezes inconsistentes (PEDRANCINI *et al.*, 2007).

Análise da categoria: autorreconhecimento da relação DNA/corpo

A análise das respostas do 3º ano ainda nos brindou com esta última categoria, percepção de se inserir no processo foi uma grata surpresa, visto que dois terceiranistas se incluíram e entenderam o DNA como também parte de quem ela(e) é. Destacamos a seguinte unidade de contexto: “DNA é o que nós somos. Ele que mostra nossas características” (E14).

Pudemos observar, de forma mais evidente, uma visão antropocêntrica da vida nessa última categoria, ao fazer uma análise da 1ª categoria que versava sobre *Informação/ Instrução Genética*, como se fossemos o centro de todo o processo. De certa forma, isso pode ter sido também influência da mídia ou até de aulas de Ciências que abordam tal visão. No trabalho de Barbosa e Bazzo (2014), os autores também observaram essa visão ao fazerem o questionamento de onde fica o DNA, tendo um estudante respondido que “o DNA se encontrava em cada cidadão”.

Um ponto a salientar com relação ao entendimento do aluno dessas terminologias é o já retratado em um estudo de Silveira e Amabis (2003) sobre o aprendizado somente do significado dos termos, não de suas especificidades e funções. Nesse estudo, alguns alunos afirmaram que “todas as células possuem material hereditário”, porém não conseguiam afirmar que neurônios ou células epiteliais possuíam cromossomos, genes ou DNA. Isso contribui ainda mais para essa reflexão necessária: como está sendo conduzido esse processo de ensino?

E a relação DNA & proteína?

Diante dessas inquietações, optamos por trazer uma questão que também versava sobre o DNA, porém exigia um pouco mais de conhecimento. Nela, fora solicitado aos estudantes que explicassem a relação entre DNA e síntese de proteínas.

Essa indagação deixou de ser respondida por muitos alunos. Então, antes de apresentarmos os dados, cabe dizer que, dentre os alunos do 1º ano – um total de 32 alunos –, apenas 9 intentaram responder à questão. Os outros limitaram-se a escrever tão somente “não saber a relação”. Entre os alunos de 3º ano – um grupo de 30 indivíduos –, apenas 13 buscaram responder à questão. Os demais também se limitaram a digitar “não saber a relação”. Após a

análise das respostas por tematização, observados nos quadros 6 e 7, respectivamente, obtivemos um único tema: *Tradução do DNA em Proteína*.

Quadro 6 - Categorização das respostas dos alunos de 1º ano sobre a relação entre DNA e proteínas.

Tema: Tradução do DNA em Proteína	
Questão: Explique a relação entre o DNA e a síntese de proteínas:	
Categorias	Unidades de Contexto
Papel do DNA na produção de proteínas	<p>O DNA controla a síntese de proteína (A10).</p> <p>O DNA controla a síntese de proteínas que participam de enzimas do metabolismo celular (A14).</p> <p>É ele que passa as informações para a síntese (A22).</p> <p>Na síntese proteica, a informação contida no DNA é transcrita para o RNAm e, em seguida, traduzida numa sequência de aminoácidos, formando a proteína. A síntese proteica é o processo de formação das proteínas (A26).</p> <p>O DNA determina a síntese proteica, utilizando o mecanismo de produção de proteínas (A28).</p> <p>O DNA é o material genético encontrado no núcleo da célula que em sua composição encontra-se adenina, guanina, citosina e timina em seu nucleotídeo que se traduz em proteína. [...] Por isso, o DNA através da transcrição para o RNA controla a síntese de proteínas as quais participam enzimas do metabolismo celular (A31).</p>

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Quadro 7 - Categorização das respostas dos alunos de 3º ano sobre a relação entre DNA e proteínas.

Tema: Tradução do DNA em Proteína	
Questão: Explique a relação entre o DNA e a síntese de proteínas:	
Categorias	Unidades de Contexto
Papel do DNA na produção de proteínas	<p>O DNA se agrupa em códons e eles produzem proteínas que dão as nossas características. Dependendo dos códigos e dos códons formados, podem ter mutações genéticas (E1).</p> <p>O DNA é quem possui o códon, que se juntará a um anticódon e formará a proteína (E3).</p> <p>O DNA possui as suas bases nitrogenadas e nelas possuem uma síntese de proteínas (E5).</p> <p>A síntese de proteínas é a tradução do DNA (E6).</p> <p>Para que a síntese de proteínas ocorra é preciso do DNA, que é transcrito para o RNAm, depois é realizada a tradução formando a proteína (E13).</p> <p>A síntese proteica faz parte de composição do DNA. Adenina, timina, guanina e citosina são exemplos de proteínas (E14).</p> <p>O DNA gera um RNA que é responsável pela síntese proteica (E19).</p> <p>Por meio da sequência do DNA, a célula decodifica e sabe quais as proteínas necessárias (E21).</p> <p>O DNA possui o RNA mensageiro que faz a síntese de proteínas, a partir de adenosinas, guaninas, citosinas etc., onde se formam aminoácidos que nada mais são que a base para construção de proteínas (E25).</p> <p>O DNA é basicamente onde se localiza nossa carga genética e síntese de proteínas é a transcrição, tradução desse DNA (E27).</p> <p>É o mecanismo de produção de proteínas determinado pelo DNA (E30).</p>

Fonte: Elaborado pelas autoras.

É preciso que nos atentemos sobre esse expressivo número de alunos que sinalizou não saber a relação existente entre DNA e proteínas, apesar de muitos deles terem conseguido definir a molécula de DNA, terem identificado em quais tipos celulares e microrganismos o material genético se encontra, mas não foram capazes de ir além. Nessa perspectiva, Vygotsky (2001) salienta que os conceitos científicos não se constroem no aluno tão logo ele se apropria da palavra e do conceito que essa palavra exprime. O mesmo termo pode ser apresentado pelo aluno com diferentes significações e isso nos leva, novamente, ao pensamento de uma renovação nos modelos de ensino, pois um ensino focado em definições e terminologias – abstratas em sua maioria – acabam resultando em um déficit no processo de aprendizagem (PEDRANCINI *et al.*, 2007).

Não nos cabe aqui apontar um fator único para identificarmos as causas de tais dificuldades na aprendizagem de Genética e na correlação desses conceitos, até porque muitos são os pontos a serem analisados, desde carga horária reduzida, currículo fragmentado, falta de modelos didáticos que proporcionem uma melhor visualização dos processos entre outros (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018).

A importância jaz na compreensão desse processo pois, apesar de a molécula de DNA ser fundamental nos processos de determinação das características genéticas, são as proteínas – não o DNA – as biomoléculas que regulam e sinalizam o funcionamento celular. O grau de organização delas vai desde a divisão celular até a morte celular, passando pela sua manutenção. Diante disso, compreender como as proteínas são produzidas, bem como a relação do DNA na sua síntese é de fundamental importância para a compreensão de vários outros aspectos da Biologia (LAZZARONI; TEIXEIRA, 2017).

Análise da categoria: papel do DNA na produção de proteínas

Dentre os que conseguiram responder nas duas turmas do estudo, mesmo com formas de grafia distintas, os sentidos dessas respostas foram muito similares, levando-nos a criar essa única categoria. Algumas das unidades de contexto observadas mostram o entendimento, por parte do aluno, do processo como um todo, tais como: “Na síntese proteica, a informação contida no DNA é transcrita para o RNAm e, em seguida, traduzida numa sequência de aminoácidos, formando a proteína. A síntese proteica é o processo de formação das proteínas” (A26) e “Para que a síntese de proteínas ocorra é preciso do DNA, que é transcrito para o RNAm, depois é realizada a tradução formando a proteína” (E13) citadas por alunos do 1º e do 3º ano, respectivamente.

No entanto, o estudante de 1º ano A26, de modo igual ao observado em sua resposta com relação à definição de DNA, optou por plagiar um texto da internet, retirando-o do site *Biologianet*. Como apontado anteriormente no texto, ao se apropriar de conceitos de outrem, o aluno está cometendo um plágio que, muitas vezes, é praticado como um redutor de esforços a serem utilizados na realização de alguma atividade proposta.

A relação da molécula de DNA que codifica um RNA-mensageiro, e ele, por sua vez é traduzido em proteínas, Watson e Crick (1953) chamaram de dogma central da Biologia, que faz referência à informação genética duplicada a uma nova molécula de DNA, como também traduzida em uma proteína. O objetivo desse dogma era transpor, de uma maneira mais simples, as complexas relações entre as macromoléculas (OLIVEIRA; SANTOS; BELTRAMINI, 2004).

Muitos alunos ainda têm dificuldade em entender o dogma. Isso foi perceptível na nossa pesquisa, tanto pelos que não conseguiram construir uma resposta quanto por algumas “*misconceptions*” observadas entre as unidades de contexto, como, por exemplo, nesta fala: “A síntese proteica faz parte de composição do DNA. Adenina, timina, guanina e citosina são

exemplos de proteínas” (E14), na qual um aluno do terceiro ano confunde as bases nitrogenadas com proteínas; e “O dna é quem possui o códon, que se juntará a um anticódon e formará a proteína” (E3), que faz confusão com o conceito de códon, que é uma sequência de três bases nitrogenadas de RNA mensageiro, não uma estrutura parte do DNA.

Os dados obtidos nessa questão são corroborados com os obtidos por Sant Anna (2017) em sua dissertação de mestrado. A autora propôs a utilização de metodologias diversificadas para estimular um maior interesse por parte dos alunos em temáticas como: Citologia, DNA e Síntese de Proteínas. Assim sendo, Sant Anna propôs que os alunos respondessem a uma questão que continha uma analogia sobre receita de bolo e o processo de síntese de proteínas no enunciado. De todos os alunos das duas aulas trabalhadas pela autora, apenas um aluno respondeu. Os demais deixaram a questão em branco, sinalizando a dificuldade observada no estabelecimento dessas conexões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabemos que a análise de questionários apresenta algumas limitações, dentre elas, a não representação do processo de aprendizado que os alunos experienciam, mas sim o resultado daquele momento em que respondem às perguntas e isso pode influenciar a análise. Porém a interpretação dos dados obtidos nos permitiu vislumbrar lacunas entre a forma como o modelo do ensino de Genética é preconizado e aplicado nas salas de aula. Não cabendo aqui culpabilizar ninguém, nem docentes e nem discentes, porém refletir e sugerir mudanças.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos nesse estudo vão ao encontro de outros publicados com o mesmo objetivo de acessar o que os alunos entendem sobre Genética e DNA. Nesse ínterim, todos apresentam uma urgência na renovação metodológica para que os conteúdos da Genética Clássica, mais conhecida como Mendeliana ou de transmissão, núcleo e cromossomos, divisão celular e síntese proteínas sejam trabalhados no mesmo ano de escolaridade. Alguns autores inclusive classificam esses conteúdos como estruturantes ao ensino de Genética, sendo de extrema relevância que sejam trabalhados de forma conjunta, oportunizando ao aluno uma visão global do processo, contribuindo assim para uma maior significação do aprendizado.

A formação de professores precisa também ser revista, pois muitos dos docentes não sabem como fazer diferente e nem seguir as orientações da BNCC, que sugere que o ensino de Genética seja trabalhado transpassando diferentes tipos de conteúdo dentro de Biologia. Isso demanda tanto um olhar interdisciplinar como uma pré-disposição a quebrar alguns paradigmas como usar apenas o livro didático durante as aulas. Trazer as demandas sociais existentes nos contextos dos estudantes é ainda outro ponto fundamental para que a Genética seja mais bem compreendida e consiga oportunizar aos alunos o uso do aprendizado nas situações do dia a dia na sociedade.

A utilização da tematização nos permitiu analisar respostas que, mesmo com grafias distintas, conseguia compor uma única categoria de análise. Explorar essas categorias possibilitou uma melhor compreensão de como esses alunos pensavam a Genética e o DNA, bem como entender se faziam ou não a relação do DNA com a síntese de proteínas. Diante das análises, foi notório a percepção de que muitos dos alunos compreendem as terminologias, mas não conseguem aplicá-las nem fazer relação com outras áreas, o que dentro do aprendizado de Genética é essencial. Portanto, uma sugestão seria um ensino com maior contextualização utilizando diferentes recursos metodológicos para uma maior aproximação dos estudantes,

reestruturação dos livros didáticos e currículos e, por último, que utilizasse os conteúdos estruturantes com o objetivo de auxiliar na construção de uma significação dos aprendizados.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Antônio Carlos Rodrigues. O que foge do olhar das reformas curriculares: nas aulas de biologia, o professor como escritor das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. *Ciência e Educação*, [s. l.], [s. n.], n. 7, v. 1, p. 47-65, 2001.

ANDRADE, Mariana Ap. Bologna Soares; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. O modelo de DNA e a biologia molecular: inserção histórica para o ensino de biologia. *Filosofia e História da Biologia*. SP, v. 4, p. 139-165, 2009. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-05-MarianaAndrade-Ana-Maria-Caldeira.pdf>. Acesso em: 31 de ago. de 2018.

ARAÚJO, Maurício dos Santos; FREITAS, Wanderson Lopes dos Santos; LIMA, Sintiane Maria de Sá; LIMA, Michelle Mara de Oliveira. A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Florianópolis-PI. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, São Paulo, Cruzeiro do Sul, v. 9, n. 1, p. 19-30, jan-mar, 2018. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1300>. Acesso em: 01 de set. de 2020.

BARBOSA, Leila Cristina Aoyama; BAZZO, Walter Antônio. A escola que queremos: É possível articular pesquisas ciência-tecnologia-sociedade (CTS) e práticas educacionais? *Revista Eletrônica de Educação*, São Carlos, UFSCAR, v. 8, n. 2, p. 363-372, 2014. Disponível em <http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/890>. Acesso em: 6 de out. de 2020.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Tradução: L. A. Reto, A. Pinheiro, 1ª ed. São Paulo: Edições 70, 2011.

BELMIRO, Michel Stórquio; DE BARROS, Marcelo Diniz Monteiro. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. *Revista Práxis*, Volta Redonda, UNIFOA, v. 9, n. 17, p. 95-102, 2017. Disponível em <http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/praxis/article/view/771/1169>. Acesso em: 25 de nov. de 2020.

BORGES, Regina Maria Rabello; LIMA, Valderez Maria do Rosário. Tendências contemporâneas do ensino de biologia no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vigo (Espanha), UVIGO, v. 6, n. 2, p. 165-175, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC_older_es.htm. Acesso em: 20 jul. 2017.

BRANCO, Patrícia Valéria Castello; CASTRO, Muryllo Santos; SILVA, Vera Lucia Maciel. O desafio de ensinar e aprender Genética em uma escola pública de ensino fundamental. *Pesquisa em Foco*. São Luís, UEMA, v.24, n.1, p. 121-141, jan-jul. 2019. Disponível em:

https://ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/download/2031/1478/5501. Acesso em: 24 de out. de 2019.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Parecer CEB Nº 4, Brasília: MEC, 2018.

BRASIL (Ministério da Educação/SEF). Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCN+): ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 1997. 136p.

CID, Marília; NETO, Antônio José dos Santos. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. Enseñanza de las Ciencias, Vigo (Espanha), UVIGO. (Extra), p. 1-5. 2005.

COSTA, Marco Antônio Ferreira da; COSTA, Maria Fátima Barrozo da. Projeto de Pesquisa: entenda e faça. 5ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

FONTOURA, Helena Amaral da (Org). Formação de Professores e diversidades culturais: múltiplos olhares em pesquisa. Niterói: Intertexto Editora e Consultoria, 2011.

FONTOURA, Helena Amaral da. Revisitando dados e refletindo sobre o uso de vídeo em etnografia. In: FONTOURA, Helena Amaral; MATTOS, Carmen Lúcia Guimarães. Etnografia e educação: relatos de pesquisa. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2009.

JANN, Priscila Nowaski; LEITE, Maria de Fátima. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. Ciências & Cognição, [s. l.], [s. n.], v. 15, n. 1, p. 282-293, 2010. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=51806-58212010000100022. Acesso em: 31 de out. de 2019.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. Ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação) 2001. UFSC, Florianópolis. 137 p.

KLAUTAU-GUIMARÃES, Maria de Nazaré.; OLIVEIRA, Silviene Fabiana de.; AKIMOTO, Arthur Kenji; HIRAGI, Cassia de Oliveira; BARBOSA, Luzirlane dos Santos.; ROCHA, Dulce Maria Sucena; CORREIA, Antonio. Combinar e recombinar com os dominós. Genética na Escola, Brasília, UNB. v. 3, n. 2, p. 1-7. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232747648_Combinar_e_recombinar_com_os_dominos/link/00b7d538339994d57f000000/download. Acesso em: 12 de mar. de 2020.

KROKOSZ, Marcelo. Abordagem do plágio nas três melhores universidades de cada um dos cinco continentes e do Brasil. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, ANPED, v. 16, n. 48, p. 745-818. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/rfbedu/a/tKsDQfr6xgRGbNTghvQRFnK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 07 de fev. de 2022.

KRASILCHIK, Myriam. Prática de Ensino de Biologia. São Paulo. EdUSP. 2004.

- LAZZARONI, Alberto Alexandre, TEIXEIRA, Gerlinde Agate Platais Brasil. Construção e aplicação de um modelo tridimensional como recurso didático para o ensino de síntese proteica. *Journal of Biochemistry Education*. [s. l.], [s. n.], v. 15, n. 2, p. 36-48. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321952885_Construcao_e_aplicacao_de_um_modelo_tridimensional_como_recurso_didatico_para_o_ensino_de_sintese_proteica. Acesso em 28 de fev. de 2020.
- LEAL, Cristianni Antunes.; SANTOS, Sheila da Mota dos; da ROCHA, Rita de Cássia Machado; LEAL, Marcello Antunes; RÔÇAS, Gisele; BARBOSA, Júlio Vianna. Concepções discentes: por que os filhos se parecem com os pais? In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC. Anais... Florianópolis. jul. 2017. 9p. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0386-1.pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2022.
- LEAL, Cristiane Antunes; MEIRELLES, Rosane Moreira Silva de; RÔÇAS, Giselle. O que estudantes do Ensino Médio pensam sobre Genética? As concepções discentes baseadas pela metodologia análise de conteúdo. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar, Mossoró, UFRN*. v. 5, n. 13, p.71-86. fev. 2019. Disponível em: <http://natal.uern.br/periodicos/index.php/RECEI/article/view/1658/2271>. Acesso em 14 de abr. de 2020.
- LIMA, Josiane Ferreira de; AMORIM, Thamiris Vasconcelos; LUZ, Priscyla Santiago da. Aulas práticas para o ensino de Biologia: contribuições e limitações no Ensino Médio. *REnBio - Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio*. [s. l.], [s. n.], v. 11, n. 1, p. 36-54, 2018. Disponível em: <https://sbenbiojournals.com.br/index.php/sbenbio/article/view/107>. Acesso em: 18 de nov. de 2020.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. 2ª edição. São Paulo: EPU. 2013.
- MARTINS, Eliezer Alves; FERREIRA, Maira; DIAS, Lisete Funari. Reformas curriculares em contexto de influência e de produção de texto: proposições para o ensino de ciências no ensino médio. *Pesquisa e Debate em Educação, Juiz de Fora, UFJF*, v. 9, n. 1, p. 620-643. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/view/31133>. Acesso em: 24 de abr. 2021.
- MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, UFRGS*, v.1, n.1, p. 20-39. 1996. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645/436>. Acesso em 22 de jul. 2021.
- OLIVEIRA, Talles Henrique Gonçalves de; SANTOS, Neusa Fernandes dos; BELTRAMINI, Leila Maria O DNA: uma sinopse histórica. *Revista de Ensino de Bioquímica, São Paulo, USP*. v. 2, n. 1, p. 1-16, dez. 2004. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001597153>. Acesso em: 16 de nov. de 2019.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana; CORAZZA-NUNES, Maria Júlia.; GALUCH, Maria Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lucia Olivo Rosas; RIBEIRO, Alessandra Cláudia. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, Vigo (Espanha), UVIGO. v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf. Acesso em 4 de abr. de 2021.

PIERCE, Benjamin. "Introduction to Genetics". In: *Genetics: a Conceptual Approach*. Nova Iorque: W. H. Freeman, p. 1-14. 2012.

SAKA, Arzu; Cerrah, LALE; AKDENIZ, Ali Riza; AYAS, Alipasa. A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: How do they image the gene, DNA and chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, v.15, n.2, p.192-202, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6>. Acesso em: 11 de jan. de 2020.

SANT ANNA, Karla Simões de. Diversidade metodológica como estratégia para a aprendizagem significativa de conceitos de biologia. Dissertação (Mestrado em Projetos Educacionais e de Ciências). Lorena, Universidade de São Paulo. 2017. 74p.

SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. Em aberto, Brasília, INEP. n. 55, p. 17-22. jul-set. 1992. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2155/1894>. Acesso em 8 de mai. de 2021.

SILVA, Cirlande Cabral da; CABRAL, Hiléia Monteiro Maciel; CASTRO, Patrícia Macêdo de. Investigando os obstáculos da aprendizagem de genética básica em alunos do ensino médio. *ETD - Educação Temática Digital*. Campinas, UNICAMP. v. 21, n. 3, p. 718-737, 2019. Disponível em doi:10.20396/etd.v21i3.8651972. Acesso em: 22 de nov. de 2020.

SILVA, Henrique Mendes da. A metodologia de resolução de problemas no ensino da Genética. *Scientia Generalis*, Patos de Minas, [s. n.]. v. 2, n. 2, p. 1-13. 2021. Disponível em: <http://scientiageneralis.com.br/index.php/SG/article/view/171>. Acesso em: 20 de ago. de 2021.

SILVEIRA, Luís Fernando dos Santos. Uma contribuição para o ensino de genética. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008. 116p. Disponível em <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/3036>. Acesso em 22 de jul. de 2021.

SILVEIRA, Rodrigo Venturoso Mendes da; AMABIS, José Mariano. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? Dissertação (Mestrado em Biologia). São Paulo, Universidade de São Paulo. 2003. 63 p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001340443>. Acesso em: 4 de mai. de 2021

TEMP, Daiana Sonogo.; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvoat. O ensino de Genética: a visão de professores de Biologia. *Rev. Cient. Schola*, Santa Maria, CMSM. v.2, n.1, p. 83-95, 2018. Disponível em: http://www.cmsm.eb.mil.br/images/CMSM/revista_schola_2018/Artigos_alterados/II_1._O_en

sino_de_Gen%C3%A9tica_-_a_vis%C3%A3o_de_professores_de_Biologia.pdf. Acesso em: 2 de abr. de 2021.

Vygotsky, Lev Semenovich. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.

WATSON, J. D., CRICK, F. H. C. (1953), A structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, 171 (4356): 737-738. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/171737a0>. Acesso em 11 de maio de 2022.

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

Submetido em: novembro de 2021

Aprovado em: abril de 2022

APÊNDICES

Apêndice 1 – Termo de autorização da Fundação Osório



MINISTÉRIO DA DEFESA
COMANDO DO EXÉRCITO BRASILEIRO
FUNDAÇÃO OSÓRIO
DIVISÃO DE ENSINO
RUA: PAULA RAMOS, 52, RIO COMPRIDO-RJ
CEP: 20261-210



TERMO DE AUTORIZAÇÃO

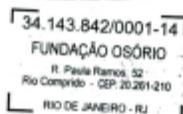
Declaro estar ciente e aceitar que a instituição na qual trabalho participe como campo de estudo do projeto intitulado *“A contribuição de ferramentas de bioinformática no ensino de Genética em turmas de ensino médio como ferramentas na promoção do letramento científico”*, desenvolvido pela aluna Anna Carolina de Oliveira Mendes do programa de doutorado da Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz-RJ). Foi-me esclarecido que os alunos irão participar de atividades diversificadas que utilizam ferramentas de Bioinformática no ensino de Genética, visando exclusivamente a composição de dados para discussão no trabalho de tese a ser desenvolvido.

Sendo a participação não obrigatória e voluntária. A qualquer momento, os alunos ou seus responsáveis legais (caso menor de idade) poderão desistir de participar e retirar seu consentimento. A recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador, com a coordenação ou com os docentes do Programa de PGEBS ou da instituição. As informações obtidas a partir dessa pesquisa serão confidenciais, assegurando o sigilo sobre a participação do aluno. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos.

Fui instruído que, caso necessite quaisquer esclarecimentos, devo entrar em contato com a orientadora, Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira ou com a própria pesquisadora do projeto no endereço abaixo:

Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências
Avenida Brasil, 4365, Mangumhos Rio de Janeiro-RJ.
CEP: 21.045-900 -Rio de Janeiro, RJ -Brasil.
Telefone: (21) 2562-1831, das 9 às 17h.
Celular: (21) 97545-2026

Rio de Janeiro, 16 de Janeiro de 2020.



Apêndice 2 – Termo de consentimento livre e esclarecido para alunos do Ensino Médio da Fundação Osório (menores de idade para os responsáveis)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto intitulado: “**A contribuição de ferramentas de bioinformática no ensino de Genética em turmas de ensino médio como ferramenta na promoção do letramento científico**”, sob responsabilidade da pesquisadora Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira e desenvolvida por Anna Carolina de Oliveira Mendes, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, modalidade *stricto sensu*, do Instituto Oswaldo Cruz da Fiocruz. A pesquisa tem por objetivo avaliar a utilização de uma estratégia didática como ferramenta auxiliar na construção de conhecimento do conteúdo de bioinformática no Ensino de Genética de uma Instituição de ensino pública federal do Rio de Janeiro como forma de promoção do letramento científico.

A participação do seu(sua) filho(a) na pesquisa se dará em 8 encontros (aulas de Biologia), é voluntária e consistirá em responder um questionário que será aplicado em dia previamente acordado com ele(ela). A pesquisa tem autorização da Direção do colégio para sua realização e dos professores da turma. A professora pesquisadora estará presente em todos os encontros, orientando os alunos. O objetivo é levantar dados sobre a sua concepção em relação aos conceitos de genética e aos recursos tecnológicos. Os benefícios da participação dele(dela) nesta pesquisa incluem, mas não se restringem, no desenvolvimento de estratégias didáticas para a utilização da Bioinformática no ensino de Biologia com vista à melhoria na qualidade do Ensino Público. O preenchimento deste questionário poderá expor seu(sua) filho(a) a riscos mínimos como cansaço, desconforto físico pelo tempo gasto no preenchimento do questionário, e psicológico, ao relembrar sensações relacionadas a situações altamente desgastantes. Se isso ocorrer, ele(ela) poderá interromper o preenchimento dos instrumentos e retomá-los posteriormente, se assim desejar.

Além disso, as informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e será assegurado o sigilo sobre a participação do(a) seu(sua) filho(a). Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos objetivando a melhoria na qualidade do ensino.

Se depois de consentir a participação do(a) seu(sua) filho(a), o(a) Sr.(a) desistir da participação dele(dela) na pesquisa, terá o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta de dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo à sua pessoa. O(A) Sr.(a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração pela participação do seu(sua) filho(a).

Caso necessite quaisquer esclarecimentos, devo entrar em contato com a orientadora, Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira ou com a própria pesquisadora no endereço abaixo:

Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências

Avenida Brasil, 4365

Manguinhos Rio de Janeiro-RJ.

CEP: 21.045-900 Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

Telefone (21) 2562-1831, das 9 às 17h.

Celular: (21) 97545-2026 Anna Carolina de Oliveira Mendes

E-mails: bio_alves@yahoo.com.br (Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira) & mendesaco@yahoo.com.br (Anna Carolina de Oliveira Mendes)

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - CEP FIOCRUZ/IOC Instituto Oswaldo Cruz / Fundação Oswaldo Cruz

Avenida Brasil, 4.036 - sala 705 (Expansão) Manguinhos - Rio de Janeiro-RJ - CEP: 21.040-360 Tel.: (21) 3882-9011 e-mail: cepfiocruz@ioc.fiocruz.br;

O presente termo foi redigido em duas vias de igual teor, sendo uma para o participante e outra para o pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, da orientadora do projeto e do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos– CEP FIOCRUZ.

Você poderá esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento através dos números dos telefones ou endereços de e-mails disponíveis neste Termo.

Declaro que entendi os objetivos da participação do meu filho (a) na pesquisa e concordo com a sua participação.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 2020.

Nome do(a)
responsável:

Assinatura do(a)
responsável:

Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira

Pesquisadora responsável

Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências

Apêndice 3 – Termo de consentimento livre e esclarecido para alunos do Ensino Médio da Fundação Osório (maiores de idade)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Convidamos o(a) Sr.(a) para participar da pesquisa intitulada “**A contribuição de ferramentas de bioinformática no ensino de Genética em turmas de ensino médio como ferramenta na promoção do letramento científico**”, sob responsabilidade da pesquisadora Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira e desenvolvida por Anna Carolina de Oliveira Mendes, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, modalidade *stricto sensu*, do Instituto Oswaldo Cruz da Fiocruz. A pesquisa tem por objetivo avaliar a utilização de uma estratégia didática como ferramenta auxiliar na construção de conhecimento do conteúdo de bioinformática no Ensino de Genética de uma Instituição de ensino pública federal do Rio de Janeiro como forma de promoção do letramento científico.

A sua participação na pesquisa se dará em 8 encontros (aulas de Biologia), é voluntária e consistirá em responder um questionário que será aplicado em dia previamente acordado com o(a) Sr.(a). A pesquisa tem autorização da Direção do colégio para sua realização e dos professores da turma, a professora pesquisadora estará presente em todos os encontros, orientando os alunos. O objetivo é levantar dados sobre a sua concepção em relação aos conceitos de genética e aos recursos tecnológicos. Os benefícios da sua participação nesta pesquisa incluem, mas não se restringem, no desenvolvimento de estratégias didáticas para a utilização da Bioinformática no ensino de Biologia com vista à melhoria na qualidade do Ensino Público. O preenchimento deste questionário poderá expor o(a) Sr.(a) a riscos mínimos como cansaço, desconforto físico pelo tempo gasto no preenchimento do questionário, e psicológico, ao lembrar sensações relacionadas a situações altamente desgastantes. Se isso ocorrer, você poderá interromper o preenchimento dos instrumentos e retomá-los posteriormente, se assim desejar.

Além disso, as informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e será assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos objetivando a melhoria na qualidade do ensino.

Se depois de consentir sua participação, o(a) Sr.(a) desistir de participar, terá o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta de dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo à sua pessoa. O(A) Sr.(a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração.

Caso necessite quaisquer esclarecimentos, devo entrar em contato com a orientadora, Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira ou com a própria pesquisadora no endereço abaixo:

Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências

Avenida Brasil, 4365

Manguinhos Rio de Janeiro-RJ.

CEP: 21.045-900 Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

Telefone (21) 2562-1831, das 9 às 17h.

Celular: (21) 97545-2026 Anna Carolina de Oliveira Mendes

E-mails: bio_alves@yahoo.com.br (Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira) & mendesaco@yahoo.com.br (Anna Carolina de Oliveira Mendes)

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - CEP FIOCRUZ/IOC Instituto Oswaldo Cruz / Fundação Oswaldo Cruz

Avenida Brasil, 4.036 - sala 705 (Expansão) Manguinhos - Rio de Janeiro-RJ - CEP: 21.040-360 Tel.: (21) 3882-9011 e-mail: cepfiocruz@ioc.fiocruz.br;

O presente termo foi redigido em duas vias de igual teor, sendo uma para o participante e outra para o pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, da orientadora do projeto e do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos– CEP FIOCRUZ. Você poderá esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento através dos números dos telefones ou endereços de e-mails disponíveis neste Termo.

Declaro que entendi os objetivos de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 2020.

Nome do(a)
participante:

Assinatura do(a)
participante:

Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira

Pesquisadora responsável

Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências

Apêndice 4 – Termo de assentimento livre e esclarecido (TALE)

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa “**A contribuição de ferramentas de bioinformática no ensino de Genética em turmas de ensino médio como ferramenta na promoção do letramento científico**”, sob responsabilidade da pesquisadora Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira e desenvolvida por Anna Carolina de Oliveira Mendes, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, modalidade *stricto sensu*, do Instituto Oswaldo Cruz da Fiocruz. Seus pais permitiram que você participasse. Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu e você não terá nenhum problema se não aceitar ou se desistir. Caso aceite, você participará de oito encontros, durante as aulas de Biologia. No primeiro e no último, será pedido que você responda a um questionário sobre assuntos de Biologia. Nos outros encontros serão apresentadas ferramentas de informática para facilitar o aprendizado de Genética. Caso você queira, poderá desistir a qualquer momento, e a pesquisadora irá respeitar sua vontade. Mas há coisas boas que podem acontecer com a realização deste projeto, pois ele pode contribuir na sua formação acadêmica e como cidadão com senso crítico, consciente de seu papel na sociedade.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar os jovens que participaram da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa, os resultados serão publicados em jornais e revistas científicas e você também terá acesso a eles.

Você ainda poderá nos procurar para tirar dúvidas pelos telefones e ou endereços abaixo:

Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências

Avenida Brasil, 4.365

Manguinhos

CEP: 21.045-900 Rio de Janeiro, RJ

Brasil.

Telefone +55 21 2562-1831, das 9 às 17h.

Celular: +55 21 97545-2026 Anna Carolina de Oliveira Mendes

E-mails: bio_alves@yahoo.com.br (Dra. Maria de Fátima Alves de Oliveira) & mendesaco@yahoo.com.br (Anna Carolina de Oliveira Mendes)

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - CEP FIOCRUZ/IOC Instituto Oswaldo Cruz / Fundação Oswaldo Cruz

Avenida Brasil, 4.036 - sala 705 (Expansão)

Manguinhos

CEP: 21.040-360 Rio de Janeiro, RJ

Brasil.

Tel.: +55 21 3882-9011 e-mail: cepfiocruz@ioc.fiocruz.br;

Eu _____ aceito participar da pesquisa “**A contribuição de ferramentas de bioinformática no ensino de Genética em turmas de ensino médio como ferramenta na promoção do letramento científico**”, Entendi os objetivos e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir. A pesquisadora está disponível para tirar minhas dúvidas e conversar com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e a pesquisadora está com a outra via; li e concordo em participar da pesquisa.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 2020.

Nome do(a) participante:

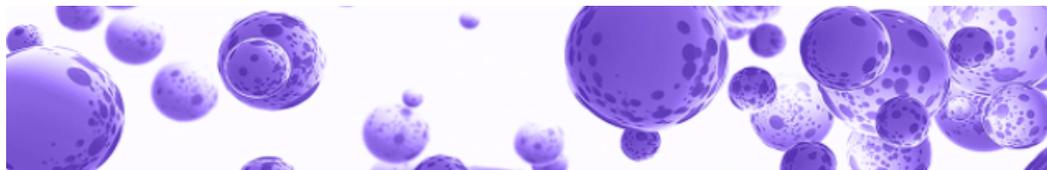
Assinatura do(a) participante:

Maria de Fátima Alves de Oliveira

Pesquisadora responsável

Doutoranda do Programa de Ensino em Biociências e Saúde – IOC – FIOCRUZ

Apêndice 5 – Questionário



EM BUSCA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE BIOINFORMÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

Este questionário faz parte da pesquisa intitulada: “EM BUSCA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO: ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE BIOINFORMÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO”, e é parte integrante da pesquisa de tese de doutorado da aluna Anna Carolina de Oliveira Mendes, do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, modalidade stricto sensu, do Instituto Oswaldo Cruz da Fiocruz-RJ. A pesquisa tem por objetivo avaliar o uso de uma estratégia didática de Bioinformática como ferramenta coadjuvante no ensino de Genética para a promoção do letramento científico. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins acadêmicos. O questionário é anônimo, os dados relativos à sua identificação, serão separados e codificados, sendo somente suas respostas utilizadas para fins científicos.

Não há respostas certas ou erradas. Por isso, pedimos que você responda de forma espontânea e sincera a todas as questões (Sem consultar a fontes externas).

O questionário é composto por 18 perguntas e o tempo estimado de resposta é de 20 a 30 minutos.

Obrigada pela sua colaboração.
Anna Carolina de Oliveira Mendes
Doutoranda
Ensino de Biociências - IOC / Fiocruz-RJ

1-Qual a renda "per capita" da sua família? *

Renda "per capita" (ou "por pessoa") é igual à renda de todas as pessoas que trabalham na sua casa dividido pelo número de pessoas que moram na sua casa. Importante: 1 salário mínimo em 2021 = R\$ 1.100,00

- 0 a 0,5 salário mínimo per capita
- 0,5 a 1 salário mínimo per capita
- 1 a 1,5 salários mínimos per capita
- 1,5 a 2,5 salários mínimos per capita
- 2,5 a 3 salários mínimos per capita
- maior que 3 salários mínimos per capita

2-Onde você realizou seus estudos de Ensino Fundamental ou equivalente? *

- Escola Pública Municipal
- Escola Pública Estadual
- Escola Particular
- Parte em Escola Pública municipal e parte em Escola Pública Estadual
- Parte em Escola Pública e parte em Escola Particular
- Escola Pública Federal
- Supletivo ou Telecurso
- Outro: _____

5-Quais os meios você utiliza para acessar à internet? *

- Computador/ Laptop
- Smartphone
- Computador/Laptop & Smartphone
- Tablet

6-Quantas horas por dia, em média, você gasta com acesso à internet? *

- Entre 1h e 2h por dia
- Entre 2h e 4h por dia
- Entre 4h e 6h por dia
- Mais de 6h por dia

7-Que materiais e/ou recursos os professores de Ciências e/ou Biologia costumam utilizar para abordar os tópicos da matéria nas aulas? *

Você pode marcar mais de uma opção

- Filmes
- Livros didáticos
- Livros paradidáticos
- Pesquisas
- Slides projetados em sala
- Testes
- Vídeos em plataformas online (YouTube®, Vimeo®, Sparkle®, TikTok®, Instagram® etc.)- Conteúdo não produzido pelo professor
- Vídeos aulas gravadas pelo professor/Instituição
- Música
- Outro: _____

3-Com qual(is) da(s) atividade(s) abaixo você ocupa mais seu tempo? *

Você pode marcar mais de uma opção

- Artesanato
- Cinema
- Dança
- Internet
- Leitura
- Teatro
- Televisão
- Esportes/ Academia
- Outro: _____

4-Qual(is) o(s) meio(s) que você mais utiliza para se manter informado(a) sobre os acontecimentos atuais? *

Você pode marcar mais de uma opção.

- Por meio de pessoas
- Internet
- Jornal escrito
- Jornal falado (Rádio)
- Jornal falado (TV)
- Revistas
- Nenhum desses
- Outro: _____

8-Pra você, o que é Genética? *

Sua resposta

9-Em qual(is) situação(ões) abaixo você já ouviu falar de genética? *

Você pode marcar mais de uma opção.

- Alimentos transgênicos
- Aulas de Ciências / Biologia
- Clonagem
- DNA e RNA
- Doenças Genéticas
- Genoma Humano/ Projeto Genoma Humano
- Grupo sanguíneo e fator Rh
- Hereditariedade- herança de características
- Produção de Medicamentos por meio de microrganismos
- Teste de paternidade
- Sequenciamento de DNA
- Produção de Vacinas
- Mutações
- Notícias da Mídia
- Não ouvi falar
- Outro: _____

10-Utilizando seus conhecimentos de Genética, você diria que um casal em que ambos possuem cabelos cacheados podem ter um(a) filho(a) de cabelo liso? *

- Sim
 Não

Justifique sua resposta: *

Sua resposta

11-Você tem acesso a notícias que envolvem a área de Genética e são veiculadas pela mídia? *

- Sim
 Não

12-Na sua opinião, quais são as maiores dificuldades na compreensão dos conteúdos de genética? *

Você pode marcar mais de uma opção.

- Conceitos abstratos
 Didática do professor
 Dificuldade com os cálculos
 Falta de recursos
 Poucos exercícios
 Tempo curto de aula
 Vocabulário
 Falta de contextualização (abordar os assuntos com exemplos práticos do dia-a-dia)
 Não sei informar
 Outro:

13-O que é DNA para você? *

Sua resposta

14-O material Genético (DNA ou RNA) pode ser observado em quais microrganismos/ estruturas celulares? *

- Células Eucariontes apenas
 Células Eucariontes, Procariontes e Vírus
 Células Procariontes apenas
 Células Procariontes e Eucariontes

15-Mitose e Meiose são dois processos de divisão celular fundamentais para auxiliar na compreensão dos temas de Genética. Explique com suas palavras o que são eles: *

Sua resposta

16-A Informática é uma grande aliada da Biologia, mais especificamente da Genética. Você já teve alguma aula de Biologia no laboratório de Informática? *

- Sim
 Não

Caso sua resposta tenha sido "sim", escreva aqui qual foi o assunto da aula. Caso a resposta anterior tenha sido "não", apenas escreva "não" abaixo. *

Sua resposta

17-Explique a relação entre o DNA e a síntese de proteínas: *

Sua resposta

18-A combinação de altas tecnologias utilizadas na Informática é o motor da Genética aplicada. Marque as opções que você acredita serem áreas da Genética que utilizam a Informática: *

Você pode marcar mais de uma opção.

- Sequenciamento de DNA
 Alinhamento de sequências
 Testagem de Grupo Sanguíneo e Fator RH
 Transcrição
 Tradução gênica
 Duplicação do DNA
 Teste de Paternidade
 Criação de árvores filogenéticas
 Cruzamentos Mendelianos
 Manipulação Genética

Apêndice 6 – Questões Problema

Problema 1: “2dias-48h= genoma do Sars-Cov2 Sequenciado por equipe brasileira” (grupo I)

“O primeiro caso de COVID-19 no Brasil (BR1) teve diagnóstico molecular confirmado no dia 26 de fevereiro pela equipe do Instituto Adolfo Lutz em São Paulo. Trata-se de um paciente infectado na Itália, possivelmente entre os dias 9 e 21 de fevereiro de 2020. O sequenciamento do genoma viral foi conduzido por uma equipe coordenada por Claudio Tavares Sacchi, responsável pelo Laboratório Estratégico do Instituto Adolfo Lutz (LEIAL), e Jaqueline Goes de Jesus, pós-doutoranda na Faculdade de Medicina da USP e bolsista da FAPESP”.

“Sequenciamento genético seria a forma de demonstrar a sequência de bases nitrogenadas de um genoma qualquer, essas bases representadas pelas letras A, T, C, G e U. No caso do COVID-19, o genoma é constituído por RNA fita simples, ou seja, sua sequência só envolve as bases A, U, C e G”. O objetivo é conhecer a informação genética contida nesta estrutura. As metodologias utilizadas e responsáveis por nos fornecer essas informações, determinam para cada uma das bases, uma informação referente a sua qualidade (confiabilidade). As primeiras técnicas de sequenciamento de genoma datam da década de 70 e desde então passamos da escala de sequenciamento de poucas kilobases para o sequenciamento de genomas inteiros em curto período. Após o sequenciamento das amostras, os genomas são depositados em banco de dados disponíveis para consulta pública”.

Conhecer o genoma do vírus é extremamente relevante para o controle da doença: seja para classificar e entender o agente e como ele se comporta epidemiologicamente, além de identificar suas relações filogenéticas. Com base nessas informações, supondo que você, Biomédico com mestrado e doutorado em Biologia molecular, foi contratado pela Applied Biosystems® como parte da expansão empresarial na área de Biologia molecular ocorrida no último ano (2020) devido à pandemia de Covid-19 e a necessidade de mão de obra qualificada. Como já muito discutido nos últimos dezoito meses, os sintomas de Covid são muito similares aos de gripe, deixando a população confusa sobre o que está tendo naquele momento, a indicação médica inicialmente é que: em caso de sintomas gripais, deve-se tentar manter o isolamento por 10 dias. Porém com

relação ao diagnóstico, pode ser feito de maneira específica, por um teste de PCR. Em uma situação hipotética, partimos da premissa que por causarem os mesmos sintomas praticamente, os vírus são descendentes do mesmo ancestral, demonstrando uma proximidade filogenética. Na última reunião de equipe, algumas solicitações lhe foram feitas, dentre elas, analisar as sequências da tabela A disponibilizada na questão para responder à questão. Justificando a sua resposta e elaborando um relatório para apresentar a equipe sobre os caminhos que o levaram a conclusão!

ID	Sequência
1	ATTAAAGGTTTATACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGT AGATCTGTTCTCTAAACGAACCTTTAAAATCTGTGTGGCTGTCACTCGGCTGCAT GCTTAGTGCACTCACGCAGTATAATTAATAACTAATTACTGTCGTTGACAGGAC ACGAGTAACTCGTCTATCTTCTGCAGGCTGCTTACGGTTTCGTCCGTG
2	ACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCT AAACGAACCTTTAAAATCTGTGTGGCTGTCACTCGGCTGCATGCTTAGTGCACTC ACGCAGTATAATTAATAACTAATTACTGTCGTTGACAGGACACGAGTAACTCGT CTATCTTCTGCAGGCTGCTTACGGTTTCGTCCGTGTTGCAGCCGATCA
3	ACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTAAACGAACCTTTAAAATCT GTGTGGCTGTCACTCGGCTGCATGCTTAGTGCACTCACGCAGTATAATTAATAA CTAATTACTGTCGTTGACAGGACACGAGTAACTCGTCTATCTTCTGCAGGCTGC TTACGGTTTCGTCCGTGTTGCAGCCGATCATCAGCACATCTAGGTTT
4	GGTTTTACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTG TTCTCTAAACGAACCTTTAAAATCTGTGTGGCTGTCACTCGGCTGCATGCTTAGT GCACTCACGCAGTATAATTAATAACTAATTACTGTCGTTGACAGGACACGAGTA ACTCGTCTATCTTCTGCAGGCTGCTTACGGTTTCGTCCGTGTTGCAG
5	GAACAAAAGATCGCTGAGATTCCTAAAGAGGAAGTTAAGCCATTTATAACTGAA AGTAAACCTTCAGTTGAACAGAGAAA
6	GAACAAAAGATCGCTGAGATTCCTAAAGAGGAAGTTAAGCCATTTATAACTGAA AGTAAACCTTCAGTTGAACAGAGAAA

Problema 2: “Similares ou nem tanto?” (Grupo II)

Nos últimos anos os avanços tecnológicos na área Científica têm contribuído substancialmente dentro da pesquisa, e isso ficou claro para a população durante todo o ano de 2020, bem como agora em 2021 com a luta contra a pandemia de Sars-Cov2. As técnicas moleculares vêm sendo apresentadas e explicadas à população de forma geral. Dentre as técnicas moleculares de suma importância durante a pandemia está a manipulação de sequências, que nos permite lidar com genomas inteiros, oportunizando a realização de análises de indivíduos ou populações nos aproximando da compreensão dos organismos e sua complexidade biológica.

O alinhamento de sequências consiste no processo de comparar duas sequências (de nucleotídeos ou proteínas) de forma a observar seu nível de identidade. Ele é possível mediante a utilização de ferramentas de Bioinformática, e com ele é possível traçar a história evolutiva de um conjunto de organismos, assim como, construir redes de interação de um organismo, tecido ou tipo celular.

Durante a pandemia iniciada no final de 2019, tendo seu primeiro caso no Brasil em 2020, muito foi especulado e questionado sobre como um vírus, transpassou os limites entre as espécies para conseguir infectar seres humanos de uma forma tão eficiente. O alinhamento possibilitou a demonstração de algumas evidências científicas sobre possibilidades de origens do Sars-Cov2 e também fomentou um melhor entendimento sobre os eventos zoonóticos, o que acaba contribuindo para auxiliar na prevenção de novos eventos.

Com base nessas informações, supondo que você, aluno (a) do 6º. Período do curso de Ciências Biológicas – modalidade Genética, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, após cursar a disciplina de Bioinformática, foi convidado a integrar um grupo de estudos de Biologia Molecular no Laboratório de Vírus Respiratório da Fundação Oswaldo Cruz (referência na realização de testes de todo o Estado do Rio de Janeiro), devido a necessidade de maior “mão de obra” pela alta demanda de dados gerados na pandemia e muitas amostras sendo analisadas.

Como uma das primeiras tarefas, você recebeu uma tabela contendo algumas sequências, de amostras testadas no laboratório. Você deve descobrir o grau de similaridade entre elas, importante para que se possa inferir (ou não) a uma delas, propriedade já conhecida da outra. O

alinhamento entre elas pode ser feito de forma local ou global, você fará a melhor escolha com base nas análises feita por vocês. E após o alinhamento, verificar se houve modificações locais nesses nucleotídeos. Após a realização das tarefas solicitadas, monte um relatório para seu supervisor do grupo de estudos para apresentar suas análises. Lembre-se que sua participação é de suma importância na análise das amostras do Estado do Rio de Janeiro.

ID	Sequência
0	ACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTAAACGAACTTTAAA ATCTGTGTGGCTGTCACCTCG
1	ACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTAAACGAACTTTAAAATC
2	ATTAAAGGTTTATACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTAAAC
3	GGTTTTACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTAAACGAACTTT
4	CAAGATGATAAGAAAATCAAAGCTTGTGTTGAAGAAGTTACAACAACCTCTGGAAGAACTAAGTTCCTCACAGAAAACCT
5	TGGTTGTTAATGCAGCCAATGTTTACCTTAAACATGGAGGAGGTGTTGCA GGAGCCTTAAATAAGGCTACTAACAATGCC
6	GAACAAAAGATCGCTGAGATTCCTAAAGAGGAAGTTAAGCCATTTATAAC TGAAAGTAAACCTTCAGTTGAACAGAGAAA
7	GAAGAAGTTACAACAACCTCTGGAAGAACTAAGTTCCTCACAGAAAACCT GTTACTTTATATTGACATTAATGGCAATCTT

Problema 3: “Cada táxon no seu lugar” (Grupo III)

“A sistemática filogenética permite recriar a história evolutiva dos organismos através de hipóteses baseadas em ancestralidade compartilhada, isto é, os organismos são posicionados em partes de árvores filogenéticas (cladogramas) com base em seu parentesco. Esta abordagem permite que a evolução de determinada linhagem seja estudada, podendo levantar-se informações, como por exemplo, de como certas estruturas mudaram através do tempo e como era a sua condição ancestral. Além disso, quando combinadas com dados de distribuição geográfica, as árvores filogenéticas possibilitam que se reconstruam padrões biogeográficos tanto para os grupos extintos como também para os atuais. Desta maneira, pode-se inferir de onde foi que certo grupo de organismos surgiu e como foi que se espalharam.” (Muller, 2020)

“Ao sequenciar o genoma do vírus Sars-Cov2 (causador da Covid-19), ficamos mais perto de saber a origem da epidemia. Sabemos que o único caso confirmado no Brasil na época, em fevereiro de 2020, veio da Itália. Contudo, os italianos na época, ainda não sabiam a origem do surto na região da Lombardia, pois ainda não haviam realizado o sequenciamento de suas amostras. Não tinham ideia de quem era o paciente zero e não sabiam se ele veio diretamente da China ou passou por outro país antes”, disse Ester Sabino, diretora do Instituto de Medicina Tropical (IMT) da USP”.

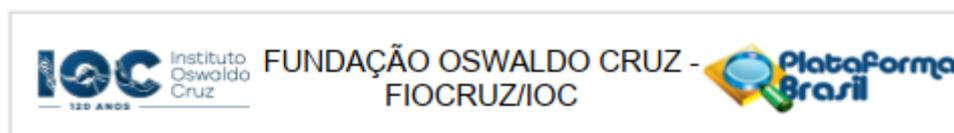
Como sabemos, os vírus são agentes infecciosos que dependem de uma célula hospedeira para se reproduzir, sendo, portanto, considerados parasitas intracelulares obrigatórios. São compostos por sequências de ácidos nucleicos que podem ser DNA, RNA ou ambos e estão sujeitos a um vasto leque das mudanças evolucionárias que incluem mutações em suas sequências. Com base nas sequências de DNA, árvores filogenéticas são construídas. Em uma situação hipotética, supondo que você seja biomédico, doutor em virologia, com pleno domínio de Bioinformática, foi contratado para compor um grupo de pesquisadores e analisar diferentes sequências do vírus Sars-Cov2, tendo como principal hipótese que elas todas são originadas de uma cepa de morcego. Como pesquisador estando diante das sequências, proceda uma investigação com elas, analisando sua filogenia e gere um relatório confirmando e ou negando a hipótese apresentada. O passo a passo da pesquisa feita deve ser apresentado.

ID	Sequência
1	GGTTTTACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTAAACGAACTTTAAAATCTGTGTGGCTGTCACCTCGGCTGCA TGCTTAGTGCACCTCACGCAGTATAATTAATAACTAATTACTGTCGTTGAC AGGACACGAGTAACTCGTCTATCTTCTGCAGGCTGCTTACGGTTTCGTCC GTGTTGCAG
2	ACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTAAACGAACTTTAAAATCT GTGTGGCTGTCACCTCG
3	ACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTAGATCTGTTCTCTA AACGAACTTTAAAATC
4	ATTAAAGGTTTATACCTTCCCAGGTAACAAACCAACCAACTTTCGATCTCTTGTA GATCTGTTCTCTAAAC
5	TGGTTGTTAATGCAGCCAATGTTTACCTTAAACATGGAGGAGGTGTTGCAGGAG CCTTAAATAAGGCTACTAACAATGCC
6	GAAGAAGTTACAACAACCTCTGGAAGAACTAAGTTCCTCACAGAAAACCTTGTTA CTTTATATTGACATTAATGGCAATCTT
7	GGATTTGTGTTACGCTCACCGTGCCAGTGAGCGAGGACTGCAGCGTA GACGCTTTGTCCAAAATGCCCTAAATGGGAATGGGGACCCGAACAACAT GGATAGAGCAGTTAAACTATAC
8	GGGTTTGTGTTACGCTCACCGTGCCAGTGAGCGAGGACTGCAGCGTA GACGGTTTGTCCAAAACGCCCTAAATGGGAATGGAGACCCAAAACAACAT GGACAAGGCGGTTAAATTATAC

ANEXOS

Anexo 1

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa/ FIOCRUZ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: "A CONTRIBUIÇÃO DE FERRAMENTAS DE BIOINFORMÁTICA NO ENSINO DE GENÉTICA EM TURMAS DE ENSINO MÉDIO COMO FERRAMENTA NA PROMOÇÃO DO LETRAMENTO CIENTÍFICO".

Pesquisador: Maria de Fátima Alves de Oliveira

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 29017320.0.0000.5248

Instituição Proponente: FUNDACAO OSWALDO CRUZ

Patrocinador Principal: FUNDACAO OSWALDO CRUZ

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.970.858

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 14 de Abril de 2020

Assinado por:
José Henrique da Silva Pilotto
(Coordenador(a))