

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE  
NACIONAL**

**SAULO NUNES SANTA CLARA**

**USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO  
METODOLOGIA DE ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

**SÃO MATEUS – ES**

**2022**

**SAULO NUNES SANTA CLARA**

**USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO  
METODOLOGIA DE ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, do departamento de Ciências Agrárias e Biológicas – DCAB, da Universidade Federal do Espírito Santo UFES/CEUNES, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientadora: Dra. Débora Barreto Teresa Gradella

Coorientadora: Dra. Andreia Barcelos Passos Lima Gontijo

**SÃO MATEUS – ES**

**2022**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema  
Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e  
elaborada pelo autor

---

C591 Clara, Saulo Nunes Santa, 1982-  
u      Uso de Sequências Didáticas Investigativas como  
metodologia de ensino de Biotecnologia no Ensino  
Médio /Saulo Nunes Santa Clara. - 2022.  
137 f. : il.

Orientadora: Débora Barreto Teresa Gradella.  
Coorientadora: Andreia Barcelos Passos Lima  
Gontijo.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de  
Biologia em Rede Nacional) - Universidade Federal do  
Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Sequência Didática Investigativa. 2. Biotecnologia. 3.  
Genoma. 4. Edição Genética. 5. Vacinas. 6. Metodologias  
Ativas.

I. Gradella, Débora Barreto Teresa. II. Gontijo, Andreia  
Barcelos Passos Lima. III. Universidade Federal do  
Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito  
Santo. IV. Título.

CDU: 57

---

SAULO NUNES SANTA  
CLARA

## USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO METODOLOGIA DE ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Aprovado em 25 de agosto de 2022

COMISSÃO EXAMINADORA



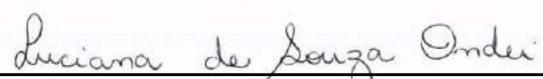
---

Prof. Dra. Débora Barreto Teresa  
Gradella  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientadora



---

Prof. Dra. Katia Aparecida KernCardoso  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

Prof. Dra. Luciana de Souza Onde  
Universidade Estadual de Goiás

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, e por ter me conduzido na realização de mais um sonho;

Aos meus pais Sr. Alberto e D. Íris, pelos valores que me ensinaram, não apenas com palavras, mas com a forma de vida e por terem me incentivado nos estudos, fazendo sempre mais do que realmente podiam.

À minha querida esposa Drielle por ter compreendido as minhas ausências, mesmo estando presente e por ter me auxiliado nos momentos mais difíceis durante a realização do mestrado;

À minha filhinha Débora por conseguir me alegrar nos momentos mais difíceis com um simples sorriso e abraço;

A toda a minha família pelo carinho, apoio, compreensão e orações;

À minha orientadora Débora pela dedicação que acompanhou o desenvolvimento desse trabalho desde o início, por cada cobrança, cada sugestão e cada valorização das etapas concluídas;

À minha coorientadora Andreia pelo envolvimento e contribuições para o aprimoramento desse trabalho;

À professora Liziane Martins pelo apoio e assessoria nos momentos mais difíceis;

Às professoras Kátia e Luciana pelas valiosas sugestões que contribuíram para o aperfeiçoamento e amadurecimento desse trabalho;

Aos meus companheiros de mestrado. Aos guerreiros que sofreram juntos comigo cada desafio, cada apresentação, qualificação, dissertação e aprovação;

Aos meus alunos que ao aceitarem participar da pesquisa contribuíram por meio de seus questionamentos, conhecimentos e opiniões;

Aos meus companheiros de escola: diretores, coordenadores, pedagogos e professores, que de inúmeras maneiras contribuíram para a concretização do mestrado;

Ao corpo docente do PROFBIO em especial do CEUNES/UFES e à coordenadora Karina Mancini, pela forma carinhosa que nos recepcionou no início do curso e pela disposição de auxiliar-nos em nossas demandas;

Ao governo do estado do Espírito Santo pela liberação parcial da minha carga horária, viabilizando a realização do curso e contribuindo para meu melhor rendimento educacional;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio com o financiamento parcial da pesquisa.

## RESUMO

Biotecnologia é uma área do conhecimento que geralmente desperta fascínio nos alunos. Temas referentes a DNA, genoma, edição genética, vacinas, etc, estão sempre na mídia o que favorece a curiosidade e interesse. Embora esses assuntos façam parte do cotidiano dos estudantes, o ensino tradicional tem demonstrado pouca eficácia na construção dos conceitos necessários para a compreensão desses avanços e das discussões inerentes ao tema. Assim, o presente trabalho buscou analisar a contribuição do uso de sequências didáticas investigativas (SDI) como metodologia de ensino de Biotecnologia no Ensino Médio. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola de Ensino Fundamental e Médio, situada no município de Guarapari – ES, com alunos do 2º ano do Ensino Médio do turno matutino. Foram elaboradas e aplicadas SDI sobre os temas: Genoma, Edição Genética e Vacinas. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários pré e pós-testes, roda de conversa, documentação registrada em roteiros e a observação participante. Os dados foram analisados por uma abordagem quali-quantitativa buscando enriquecer a compreensão do processo de construção e a análises dos resultados. As SDI foram avaliadas pelos estudantes de maneira positiva indicando sua validade em relação a compreensão dos conceitos abordados e das metodologias utilizadas, o que nos permite deduzir que a abordagem investigativa associada a metodologias ativa constitui excelentes propostas para o ensino de Biotecnologia. O TCM teve como produto final três SDI que servirão de apoio para os professores de Biologia que desejarem trabalhar esses conteúdos por meio dessas estratégias.

**Palavras-chave:** Projeto Genoma; Edição Genética; Vacinas.

## ABSTRACT

Biotechnology is an area of knowledge that usually arouses fascination in students, topics related to DNA, genome, gene editing, vaccines, etc., are always in the media which favors the curiosity and interest of students. Although these issues are part of the students' daily lives, traditional teaching has shown little effectiveness in the construction of the concepts necessary to understand these advances and the discussions inherent to the theme. The present work sought to analyze the contribution of the use of investigative teaching sequences (ISD) as a teaching methodology for Biotechnology in High School. The research was developed in a Primary and Secondary School, located in Guarapari - ES, with 2nd year high school students from the morning shift. SDI was developed and applied on the themes: Genome, Gene Editing and Vaccines. Data collection was carried out by means of pre and post-test questionnaires, conversation circle, documentation recorded in scripts, and participant observation. The data were analyzed using a quali-quantitative approach seeking to enrich the understanding of the construction process and the analysis of the results. The SDI were positively evaluated by the students, indicating their validity in relation to the understanding of the concepts addressed and the methodologies used, which allows us to deduce that the investigative approach associated with active methodologies are excellent proposals for teaching Biotechnology. The TCM had as a final product three SDI that will serve as support for Biology teachers who wish to work with these contents through these strategies.

**Keywords:** Genome Project; Gene editing; Vaccines.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Materiais disponíveis para a construção dos Modelos Didáticos.....	25
<b>Figura 2</b> – Alunos montando Modelos Didáticos.....	25
<b>Figura 3</b> – Materiais para montagem do cariótipo humano.....	26
<b>Figura 4</b> – Montagem do cariótipo humano.....	27
<b>Figura 5</b> – Categorias dos textos produzidos pelos alunos sobre genoma.....	29
<b>Figura 6</b> – Fichas com informações sobre doenças relacionadas às pandemias.....	40
<b>Figura 7</b> – Alunos anexando as fichas das vacinas nas fichas das doenças .....	41
<b>Figura 8</b> – Frequência de acertos das atividades de associação das vacinas com suas respectivas doenças .....	42
<b>Figura 9</b> – Gráfico da relação vacina-óbitos por Covid-19 de janeiro a outubro de 2021.....	43
<b>Figura 10</b> – Frequência das imagens associadas pelos alunos à Biotecnologia .....	52
<b>Figura 11</b> – Nuvem de palavras formadas com os termos citados pelos alunos sobre genoma.....	53
<b>Figura 12</b> – Frequência das respostas apresentadas pelos alunos sobre a compreensão dos termos cromossomos, DNA e genes .....	54
<b>Figura 13</b> – Frequência das categorias das respostas apresentadas pelos alunos sobre a relação Mapeamento Genético e Edição Genética .....	56
<b>Figura 14</b> – Frequência das categorias das respostas apresentadas pelos alunos referentes aos processos de produção das vacinas contra a Covid-19 no Brasil.....	58
<b>Figura 15</b> – Frequência de acertos da questão verdadeiro ou falso sobre Biotecnologia .....	60
<b>Figura 16</b> – Frequência relativa de marcação por proposição da questão oito sobre Mapeamento Genético .....	62
<b>Figura 17</b> – Frequência relativa de marcação por proposição da questão nove sobre Edição Genética.....	63
<b>Figura 18</b> – Frequência relativa de marcação por proposição da questão dez sobre vacinas..	64

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>Quadro 1</b> – Respostas elaboradas pelos alunos à pergunta norteadora sobre Genoma.....	24
<b>Quadro 2</b> – Respostas incorretas registradas pelos alunos sobre Genoma.....	30
<b>Quadro 3</b> – Respostas elaboradas pelos alunos para o problema investigativo sobre Edição Genética .....	31
<b>Quadro 4</b> – Principais argumentos apresentados pelos alunos durante o Júri Simulado .....	34
<b>Quadro 5</b> – Respostas corretas apresentadas pelos alunos sobre Edição Genética .....	36
<b>Quadro 6</b> – Respostas incorretas apresentadas pelos alunos sobre Edição Genética .....	36
<b>Quadro 7</b> – Aspectos positivos da Edição Genética apresentados pelos alunos .....	37
<b>Quadro 8</b> – Aspectos negativos da Edição Genética apresentados pelos alunos .....	37
<b>Quadro 9</b> – Respostas elaboradas pelos alunos para o problema investigativo sobre vacinas.....	39
<b>Quadro 10</b> – Conclusões apresentadas pelos alunos após análise do gráfico sobre relação vacina-óbitos .....	44
<b>Quadro 11</b> – Respostas apresentadas pelos alunos sobre os tipos de vacinas contra Covid-19 utilizadas nos Brasil .....	45
<b>Quadro 12</b> – Argumentos apresentados pelos alunos contra os Movimentos Antivacinas .....	46
<b>Quadro 13</b> – Respostas reelaboradas pelos alunos para o problema investigativo .....	48
<b>Quadro 14</b> – Descrição das respostas apresentadas pelos alunos sobre a relação entre cromossomos, DNA e genes .....	55
<b>Quadro 15</b> – Respostas apresentadas pelos alunos sobre a relação Mapeamento e Edição Genética .....	57
<b>Quadro 16</b> – Respostas apresentadas pelos alunos sobre os processos de produção das vacinas contra a Covid-19 .....	59
<b>Quadro 17</b> – Frequência das respostas sobre a percepção dos alunos quanto as metodologias utilizadas nas sequências didáticas investigativas .....	65
<b>Tabela 1</b> – Categorias e frequência de respostas da questão número um sobre o que o aluno entende por Biotecnologia.....	49

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**BNCC** - Base Nacional Curricular Comum

**CDB** - Convenção sobre Diversidade Biológica

**CEUNES** – Centro Universitário Norte do Espírito Santo

**OMS** – Organização Mundial da Saúde

**PNI** - Programa Nacional de Imunizações

**SEDU** – Secretaria Estadual de Educação

**SESA** - Secretaria Estadual de Saúde

**SDI** – Sequência Didática Investigativa

**TALE** -Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

**TCLE** - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**UFES** – Universidade Federal do Espírito Santo

## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	19
OBJETIVO GERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. PERCURSO METODOLÓGICO.....	20
3.1 LOCAL DA PESQUISA E PARTICIPANTES.....	20
3.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	20
3.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	21
3.4 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE GENOMA.....	23
4.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE EDIÇÃO GENÉTICA.....	31
4.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE VACINAS.....	38
4.4 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS TEÓRICOS.....	49
4.5 PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES QUANTO ÀS METODOLOGIAS UTILIZADAS NAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS.....	65
PRODUTO EDUCACIONAL.....	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICES.....	81
<b>APÊNDICE A</b> .....	82
<b>APÊNDICE B</b> .....	121
<b>APÊNDICE C</b> .....	125
<b>APÊNDICE D</b> .....	127
<b>APÊNDICE E</b> .....	128
<b>APÊNDICE F</b> .....	133
<b>APÊNDICE G</b> .....	136

## RELATO DO MESTRANDO - TURMA 2020

Instituição: UFES
Mestrando: Saulo Nunes Santa Clara
Título do TCM: Uso de sequências didáticas investigativas como metodologias de ensino de Biotecnologia no Ensino Médio
Data da defesa: 25 de agosto de 2022
<p>Fazer o mestrado profissional em Ensino de Biologia, muito mais do que a realização de um grande sonho, foi uma maravilhosa oportunidade de aprimorar e transformar minha prática docente. Foi muito especial vivenciar novamente o papel de aluno, me envolver com cada trabalho, apresentação, qualificação, etc, e refletir enquanto aluno minhas práticas como docente, ensinando e aprendendo ao mesmo tempo, lembrando que seremos sempre eternos aprendizes. O PROFBIO me forneceu subsídios teóricos e ferramentas práticas para ressignificar o meu fazer pedagógico. Para mim foi muito importante entender que a mudança começa na forma como vemos a sala de aula, como pensamos e montamos nossos conteúdos, e como contribuimos para o envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem. Entender que tão importante quanto o conteúdo que está sendo ensinado é a metodologia utilizada, a abordagem escolhida, e que devemos sempre buscar a melhor estratégia para o desenvolvimento dos nossos alunos como pessoas, como cidadãos pensantes, críticos e cientificamente alfabetizados. Creio que seja impossível passar pelo PROFBIO e não ser transformado. Desejo que os professores de biologia do nosso país, busquem e tenham a oportunidade de vivenciar esse aprimoramento, o que certamente contribuirá para a melhoria da qualidade da educação brasileira.</p>

## 1. INTRODUÇÃO

A origem da Biotecnologia nos remete aos primórdios da humanidade, com a descoberta de processos rudimentares como a fermentação alcóolica pelos sumérios e babilônios antes do ano 6000 a.C (LIMA; MOTA, 2003). Os egípcios, cerca de 2.000 a.C, também usavam técnicas de fermentação na fabricação de pão, vinho e cerveja (BRUNO, 2014).

A palavra Biotecnologia foi usada pela primeira vez em 1919, pelo engenheiro agrícola húngaro Karl Ereky, sendo definida como ciência que permite a obtenção de produtos mediante a intervenção de organismos (MALAJOVICH, 2009). Em 1992, a convenção sobre diversidade biológica definiu Biotecnologia como “qualquer aplicação tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados, para criar ou modificar produtos e processos para usos específicos” (BRASIL, 2010, p. 24).

É possível classificar a Biotecnologia em clássica e moderna. Entende-se como Biotecnologia clássica aquela que aproveita a ação de organismos vivos não modificados para a obtenção de produtos e Biotecnologia moderna, aquela que utiliza de técnicas de engenharia genética para criar ou modificar produtos (TRIBOLI, 1988). A Biotecnologia moderna teve como marco inicial os trabalhos realizados por H. Boyer e S. Cohen que culminaram em 1973 com a transferência de um gene de sapo a uma bactéria, dando início a era da engenharia genética (MALAJOVICH, 2009).

Temas relacionados às técnicas de reprodução humana assistida, testes de paternidade, clonagem, terapias gênicas, alimentos transgênicos, diagnósticos genéticos, e estudos sobre células-tronco precisam ser discutidos de maneira crítica pela sociedade, pois possuem uma grande importância histórica e científica (GOYA, 2016). Pedrancini (2007) destaca que os professores precisam debater esses temas em sala de aula para que a mídia não seja a única fonte de informação, já que muitas vezes as explicações trazidas por ela são tendenciosas, ou até mesmo equivocadas. Além disso, o surgimento das mídias alternativas abriu um grande espaço para que informações sejam transmitidas e compartilhadas nas redes sociais e aplicativos de mensagens, criando um campo fértil para a divulgação de informações incompletas, incorretas ou mesmo manipuladoras, tais informações têm recebido a alcunha de *fake news* e pós-verdade (LIMA *et al.*, 2019).

Pesquisas realizadas por Direito (2014) demonstraram que uma grande porcentagem de alunos do Ensino Médio possui apenas conhecimento superficial sobre os temas relacionados a Biotecnologia, mostrando a necessidade de uma abordagem mais ampla e aprofundada dessa

temática nas escolas, para a formação de cidadãos críticos e ativos na sociedade. Galanjauskas (2009) afirma que a disciplina de Biotecnologia é pouco ensinada nas escolas, devido ao limitado e restrito acesso que os professores têm aos avanços científicos. Pedrancini (2007) verificou que a maioria dos professores reconhecem dificuldades tanto para entender como para fazer com que seus alunos compreendam satisfatoriamente as novas abordagens em genética e suas tecnologias. Diante do exposto, é imprescindível que esses avanços sejam divulgados aos professores do Ensino Médio por meio de atualizações, capacitações e materiais pedagógicos adequados (GALANJAUSKAS, 2009).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no capítulo da Ciências da Natureza orienta que seja trabalhado com os alunos do Ensino Médio temas relacionados à tecnologia do DNA recombinante, identificação por DNA, emprego de células-tronco, conservantes alimentícios, herança biológica e vacinação (BRASIL, 2018). Além disso, a BNCC orienta que a Biotecnologia seja trabalhada buscando:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais. Nesse contexto 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. 558).

Infelizmente, percebe-se que o sistema de ensino ainda é deficitário, tanto nos currículos trabalhados como na formação acadêmica dos professores, comprometendo o processo de ensino-aprendizagem (GIASSI; MORAES, 2008). Segundo Scarpa (2018) aulas expositivas, demasiadamente centradas no professor, não contribuem para que os estudantes sejam os atores do seu aprendizado, pois não consideram as concepções prévias, não possibilitam as interações entre sujeito e objeto de conhecimento e nem a interação entre os pares. Para que a mudança de foco do papel de professor e alunos realmente aconteça em sala de aula, é necessário que o professor reflita sobre sua prática e desenvolva estratégias didáticas que permitam esse deslocamento, essa mudança de função. Ante o exposto, uma proposta promissora para a melhoria da qualidade desse processo é o uso de metodologias investigativas, estimulando nos alunos a busca pela construção do conhecimento (BAPTISTA, 2003).

Sasseron (2015) define o ensino por investigação como uma abordagem didática que possui como objetivo oportunizar aos estudantes condições para investigar o seu objeto de estudo, por meio da orientação do professor. Além disso, o ensino por investigação tem por

finalidade o desenvolvimento de capacidades cognitivas, por meio da elaboração de hipóteses, reflexão, descrição e argumentação (ZOMPERO, 2016).

De acordo com Carvalho (2013) a investigação aproxima o aluno do fazer científico e contribui para o desenvolvimento de habilidades que fazem parte da alfabetização científica. Na visão de Chassot (2018), alfabetização científica é um conjunto de conhecimento capaz de permitir uma leitura do mundo onde estamos inseridos, por meio da linguagem científica e para isso precisamos conduzir os estudantes, não apenas à memorização de conceitos, leis e teorias, mas propiciar condições para que eles possam desenvolver habilidades que são primordiais para sua atuação na sociedade, de uma forma crítica, reflexiva e transformadora.

Sasseron e Carvalho (2008) identificaram três eixos estruturantes que servem de apoio aos planejamentos de ensino que têm como foco alfabetizar cientificamente os alunos. O primeiro eixo se refere à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, o segundo se refere à compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e o terceiro se refere ao entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade. Para que os alunos sejam alfabetizados cientificamente faz-se necessário o desenvolvimento de práticas pedagógicas que viabilizem tais objetivos.

Segundo Carvalho (2013), o uso de Sequência Didática Investigativa (SDI), representa uma excelente ferramenta para o desenvolvimento de habilidades que fazem parte da alfabetização científica. A construção de uma SDI requer algumas atividades-chave: geralmente se inicia com uma situação problema que introduzirá o aluno ao assunto desejado, proporcionando condições para que ele reflita e trabalhe com as variáveis relevantes do conceito central do conteúdo programático proposto. Faz-se necessário realizar uma atividade que estruture o conhecimento incorporado pelo aluno, após a resolução do problema. A estruturação, segundo momento, é realizada por meio de leitura de um texto escrito, quando os estudantes podem retomar as discussões e comparar a solução apresentada no texto com o que foi pensado por eles. No terceiro momento, é importante uma atividade contextualizada com o dia a dia dos estudantes, pois isso auxilia na percepção da importância do conhecimento do ponto de vista social. Essa etapa também pode ser concebida visando o aprofundamento do tema com o objetivo de aumentar o conhecimento do aluno (CARVALHO, 2013).

O trabalho apresentado nessa dissertação teve por objetivo elaborar três SDI e avaliar o seu potencial como metodologia de ensino de Biotecnologia no Ensino Médio. Durante minha

prática docente sempre identifiquei um grande entusiasmo nos alunos em aprender conteúdos relacionados à Biotecnologia e percebi que isso poderia ser aproveitado para aprofundar conceitos de biologia molecular, genética, além de discutir a relação ética, ciência e sociedade. Embora os alunos tenham bastante contato com temas relacionados à Biotecnologia por meio de jornais, novelas, filmes, etc, observei que esse conhecimento era superficial. Essa inquietação levou-me a buscar metodologias que contribuíssem para uma maior aprendizagem sobre o tema. Dessa forma, a presente pesquisa abordou três tópicos de Biotecnologia: Genoma, Edição Genética e Vacinas e foi realizada com alunos da 2º série do Ensino Médio numa escola estadual do Espírito Santo.

Diante da importância do assunto e da necessidade do uso de metodologias ativas na educação o presente trabalho analisou, utilizando-se de abordagem quali-quantitativa, a contribuição do uso de SDI no ensino de Biotecnologia no preenchimento de lacunas nessa área do conhecimento e no processo de ensino-aprendizagem.

## 2. OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

- Desenvolver sequências didáticas com enfoque no ensino por investigação para o conteúdo de Biotecnologia.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar sequências didáticas investigativas voltadas para temas de Biotecnologia no Ensino Médio;
- Avaliar a contribuição do uso das sequências didáticas investigativas no processo de ensino-aprendizagem em Biotecnologia;
- Produzir material didático de apoio para professores, possibilitando uma maior difusão do ensino por investigação.

### 3. PERCURSO METODOLÓGICO

Trata o presente estudo de uma pesquisa-ação. Essa metodologia tem como pioneiro o psicólogo alemão Kurt Lewin (1890-1947) e procura unir, como o próprio nome já diz, a pesquisa à ação, permitindo intervenções que melhorem a prática (Lewin, 1953).

Para Thiollent (1997), ela visa a elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e a busca de soluções para os mesmos. Segundo Kincheloe (1997) a pesquisa-ação vai além da compreensão e descrição da prática analisada, ela busca transformá-la. Ainda, para Eden e Huxham (2001), ocorre uma ampla inserção do pesquisador no contexto da pesquisa e a colaboração dos participantes da pesquisa facilitam o acesso aos dados mais sutis e significativos.

A pesquisa-ação começou a ser implementada na educação com a finalidade de ajudar os professores na resolução de seus problemas por meio das pesquisas. Para Thiollent (2009), esse tipo de pesquisa tem ganhado espaço na educação pois, ao contrário das metodologias convencionais, ela propõe melhorias práticas.

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA E PARTICIPANTES

A pesquisa foi desenvolvida numa escola de Ensino Fundamental e Médio, situada no município de Guarapari – ES. Além das salas de aula, a escola possui um miniauditório para 100 alunos e um pequeno laboratório de ciências da natureza com capacidade para apenas 20 alunos, e com poucos materiais e equipamentos disponíveis. A pesquisa foi realizada com 38 estudantes (nem todos participaram de todas as aulas) de uma turma do 2º ano do Ensino Médio regular, turno matutino, de ambos os sexos, com idades entre 14 e 18 anos, regularmente matriculados, no ano letivo de 2021.

#### 3.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O presente trabalho envolveu o desenvolvimento e a aplicação de sequências didáticas de caráter investigativo sobre Biotecnologia, contendo avaliação diagnóstica, por meio de questionários, desenvolvimento das atividades, e reaplicação de um novo questionário para análise do aproveitamento do conteúdo e percepção dos estudantes sobre a metodologia. Como Biotecnologia é um tema muito amplo foram escolhidos os conteúdos Genoma, Edição

Genética em humano e Vacinas. A escolha do tema Genoma deu-se pelo fato dos mecanismos de transmissão das características serem a base para o desenvolvimento de biotecnologias (CASA GRANDE, 2006). O tema Edição Genética foi escolhido por ser um assunto polêmico, atual e de grande importância na discussão de ciência, tecnologia e sociedade. O assunto Vacinas foi selecionado com a finalidade de mostrar a evolução das biotecnologias ao longo do tempo, como também de trazer para a sala de aula um tema tão atual nesse período de enfrentamento à pandemia de Covid-19. Na SDI sobre Genoma foram utilizados materiais alternativos para construir modelos didáticos, levando a uma melhor compreensão de conceitos inerentes ao tema. Para o tema Edição Genética em humanos foi realizado um Júri Simulado propiciando a participação ativa dos alunos na busca das informações, exposição de seus argumentos e o debate sobre o assunto, favorecendo assim a construção do conhecimento. Em relação às vacinas os alunos elaboraram hipóteses sobre suas formas de produção, analisaram gráficos sobre eficácia e desvendaram enigmas identificando qual vacina hipotética foi usada na prevenção de cada doença.

As atividades foram aplicadas de forma presencial respeitando as medidas sanitárias de prevenção à Covid-19 estabelecidas pelas autoridades sanitárias e encaminhadas às unidades de ensino pela secretaria estadual de educação por meio de portarias, sendo a principal a portaria conjunta SEDU/SESA Nº01- R, de 08 de agosto de 2020, que regulamenta o distanciamento entre os alunos, o uso de máscaras e de álcool em gel nas dependências das unidades de ensino.

### 3.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram obtidos por meio de questionários com perguntas abertas e fechadas que tiveram como finalidade detectar o conhecimento prévio dos estudantes, avaliar a contribuição do uso das SDI no processo de ensino-aprendizagem em Biotecnologia e a percepção dos estudantes sobre a metodologia de ensino aplicada. Os dados também foram obtidos por meio de roda de conversa, documentação registrada em roteiros e a observação participante do pesquisador.

Foi produzido um diário de campo para registro dos acontecimentos por meio de gravações, fotografias e anotações sobre a aula ou atividade realizada. As gravações foram apenas para registro e não serão divulgadas. O registro no diário ocorreu durante o desenvolvimento das atividades investigativas onde foram anotadas as intervenções, os efeitos percebidos e as decisões tomadas pelos estudantes na resolução dos problemas. Segundo Araújo *et al.* (2013), os diários de campo permitem registrar as reflexões e as decisões, contribuindo

para um direcionamento e um acompanhamento desde a construção inicial de cada etapa até o seu término.

Após coleta dos dados, aqueles obtidos pelos questionários por meio de questões fechadas foram analisados com uma abordagem quantitativa e apresentados em gráficos e tabelas. Os demais dados foram analisados por abordagem qualitativa que, de acordo com Minayo (2007), permite uma análise mais subjetiva por parte do professor pesquisador, a um nível que não pode ser mensurado e quantificado. Portanto, para os dados qualitativos foi utilizada a metodologia de análise de conteúdo que, segundo Bardin (2010), envolve:

- Pré-análise: organização e preparação dos dados coletados nos questionários e roteiros de atividades, a transcrição das entrevistas, relatório das observações seguindo da leitura e seleção dos fragmentos representativos.
- Exploração do material: operações de codificação, decomposição ou enumeração a partir de critérios definidos; exploração do material organizado inicialmente, por meio da codificação sistematizada.
- Tratamento dos resultados – inferências e interpretação: captação dos conteúdos manifestos e latentes contidos em todo o material coletado buscando torná-los significativos e válidos.

As duas abordagens apresentam benefícios na análise de dados, porém apresentam especificidades. Para Gatti (2004), os métodos de análise de dados numéricos e estatísticos podem ser muito importantes na compreensão de diversos problemas educacionais, e enriquecem ainda mais a compreensão dos eventos, fatos e processos, quando combinados com dados obtidos por metodologias qualitativas.

### 3.4 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

O presente trabalho envolveu como participantes alunos do 2º ano do Ensino Médio. Para isso, foi solicitado à direção da escola autorização para o desenvolvimento dessa pesquisa e posterior encaminhamento do projeto ao comitê de ética do CEUNES/UFES para análise, com protocolo número 4.920.243 e aprovação em 20/08/2021. Antes da aplicação da pesquisa foi solicitada a assinatura do termo de assentimento pelos estudantes (APÊNDICE F) e do termo de consentimento pelos responsáveis legais dos alunos (APÊNDICE G).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE GENOMA

A sequência didática sobre genoma foi aplicada em seis aulas de 50 minutos cada. Inicialmente os alunos receberam o texto “Tal pai, tal filho?” (Apêndice A), que foi lido em classe e, posteriormente as seguintes questões foram colocadas em discussão:

- Que tipo de informações são passadas de pais para filhos?
- Como essas informações passam de pais para filhos?
- Onde essas informações estão gravadas?
- O que é genoma?
- É possível decodificar nosso genoma?

Os alunos sentiram-se desafiados a responderem as provocações trazidas no texto. Os questionamentos sobre o que é comportamental e o que é genético os levou a algumas inquietações e indagações: “Não concordo que talento seja genético”, “Filho de criminoso então também vai ser obrigatoriamente criminoso?”, “Acho que o que importa é a criação”. Durante a discussão, alguns alunos afirmaram que características físicas como cor de olhos, tipo de cabelo, cor da pele, tipo sanguíneo, estão gravadas em nosso DNA e são transmitidas de pais para filhos por meio dos gametas, já as características comportamentais e as habilidades estavam sempre relacionadas à criação e não à influência genética. Quanto à pergunta sobre genoma e decodificação, alguns alunos afirmaram não saber responder, outros afirmaram ter relação com os genes, mas não sabiam explicar qual seria essa relação. Após a discussão inicial, os alunos foram orientados a formar grupos de cinco pessoas e formular hipóteses que respondessem à seguinte pergunta norteadora: Como nosso genoma revela quem somos nós?

Os alunos demonstraram dificuldade em responder à pergunta, pois não estavam familiarizados com o termo genoma, no entanto, após uma busca na internet, os grupos elaboraram as hipóteses apresentadas no quadro a seguir:

**QUADRO 1- RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ALUNOS À PERGUNTA NORTEADORA SOBRE GENOMA**

<b>Grupo</b>	<b>Respostas</b>
<b>Grupo 1</b>	“É o conjunto de DNA, cromossomos e genes que revela quem somos nós, portanto cada pessoa tem um tipo de genoma diferente”
<b>Grupo 2</b>	“Talvez o tipo de proteínas nos nossos gametas pode revelar quem somos”
<b>Grupo 3</b>	“Através do nosso genoma conseguimos identificar nossas características genéticas, como tipo sanguíneo, cor dos olhos, tipos de cabelo. Ainda existe dúvidas se revela nosso caráter, e características como talento”
<b>Grupo 4</b>	“Nosso genoma não revela nada sobre nós, além da nossos características físicas”
<b>Grupo 5</b>	“genoma é a soma dos genes que definem como vai se desenvolver e funcionar um ser vivo”

FONTE: O AUTOR (2022)

Segundo Bugallo Rodríguez (1995) o excesso de termos, muitas vezes inéditos aos estudantes, dificulta o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a natureza abstrata dos conceitos dificulta o trabalho em sala de aula. Segundo Paula (2007), a relação existente entre compreensão de conceitos científicos e habilidades de leitura e escrita ainda é pouco compreendida. Sardà e Sanmartí (2000) afirmam que é difícil avaliar se as dificuldades apresentadas pelos alunos durante uma argumentação devem-se à falta de compreensão dos conceitos ou à falta de um domínio linguístico.

Na segunda aula, em grupos, os alunos foram convidados a elaborarem dois modelos didáticos relacionados ao genoma humano, de acordo com o entendimento deles sobre o tema. Para isso, foram disponibilizados pelo professor pesquisador diversos materiais alternativos (Figura 1) como massa de modelar, linhas de tricô, bolinhas de isopor, palitos de dente, etc.

**FIGURA 1 – MATERIAIS DISPONÍVEIS PARA A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DIDÁTICOS**



FONTE: ACERVO DO AUTOR (2021)

Os alunos demonstraram grande envolvimento e empolgação no desenvolvimento da atividade o que ficou evidente nos trabalhos elaborados e nas discussões que ocorreram em grupo durante a construção da atividade. Os grupos precisavam entrar em consenso de qual estrutura representar, como representá-la e que material utilizar. O modelo tridimensional da molécula de DNA foi o tema mais escolhido, sendo uma das representações de todos os grupos. Os modelos elaborados foram: estrutura do DNA, cromossomos duplicados, modelos de células (Figura 2).

**FIGURA 2 – ALUNOS MONTANDO MODELOS DIDÁTICOS**



FIGURA A: Representação de uma célula



FIGURA B: Modelo didático do DNA

FONTE: ACERVO DO AUTOR (2021)

Segundo Souza (2007), ao manipular materiais o aluno envolve-se fisicamente na produção do conhecimento de forma ativa. Modelos didáticos são valiosas ferramentas que trazem para o cotidiano escolar uma forma diferente de aprendizagem. Com eles, os alunos

interagem visualizando tridimensionalmente, manipulando, montando e assim construindo literalmente o conhecimento (JUSTINA e FERLA, 2006). Krasilchick (2004) relata que os modelos didáticos são um dos recursos mais utilizados em aulas de Biologia para mostrar objetos em três dimensões, no entanto, eles podem apresentar limitações, como fazer os estudantes entenderem que os modelos são simplificações do objeto real ou fases de um processo dinâmico. Diante do exposto, para diminuir essas limitações e envolver o aluno no processo de aprendizagem, é importante que eles façam os próprios modelos.

Com o intuito de aplicar os conceitos discutidos na aula anterior, na terceira aula os alunos em grupos realizaram a leitura dos textos “**Velocista ou maratonista? O que o gene ACTN3 pode dizer sobre sua corrida?**” e “**O gene do esporte – só uma questão de bom condicionamento?**” e montaram um cariótipo humano (figura 3).

**FIGURA 3 – MATERIAIS PARA MONTAGEM DO CARIÓTIPO HUMANO**



FONTE: ACERVO DO AUTOR (2021)

Além da organização dos cromossomos, os alunos deveriam representar os alelos discutidos nos textos, para isso precisariam identificar em quais cromossomos eles se localizavam. Metade dos grupos realizou a montagem de um cariótipo de um indivíduo com perfil genético ideal para esporte de resistência (endurancer) e a outra metade elaborou um cariótipo para um perfil genético ideal para esporte de explosão (força). No início da atividade os alunos ficaram aguardando a “receita de bolo”, fizeram diversas perguntas como “É para colocar quantos cromossomos?”; “É para usar cromossomos de uma única cor?”; “Por que os cromossomos estão de tamanhos diferentes?” Em seguida, eles perceberam que esse debate fazia parte da atividade e deveria ser discutido em grupo. O mesmo ocorreu na hora de representar os alelos dos genes ACTN3 (R, X) e ECA (D, I). Algumas perguntas foram frequentes como: “É pra colocar esses genes onde?”, “Pode colocar mais de um gene no mesmo

cromossomo?” “Pode misturar os alelos?”. Os alunos entenderam a atividade como um desafio e se envolveram bastante na montagem dos cariótipos (Figura 4).

**FIGURA 4 – MONTAGEM DO CARIÓTIPO HUMANO**



FONTE: ACERVO DO AUTOR (2021)

Muitas vezes as atividades experimentais, no contexto de sala de aula, acabam restringindo-se as experimentações nas quais os procedimentos são pré-determinados pelo professor ou pelos livros didáticos (CARVALHO *et al.*, 2011). Giordan (1999) destaca que a utilização de roteiros pré-definidos durante a realização de atividades experimentais limita as potencialidades da aprendizagem, reduzindo o espaço para discussões, impossibilitando a formação de hipóteses e o levantamento de discussões em relação a possíveis erros, para que estes levem a outras discussões e a um melhor aproveitamento da atividade. O processo investigativo é responsável não apenas por estimular a participação mais assídua dos estudantes, mas também por desenvolver nos mesmos uma maior capacidade de aprendizado.

A aula quatro propôs uma simulação da aplicação de técnicas de mapeamento genético nos esportes com base no perfil genético de atletas utilizando alelos dos genes *ACTN3* e *ECA*. Essa atividade foi desenvolvida em grupos de cinco alunos para a construção coletiva da aprendizagem. Os alunos demonstraram muita dificuldade na execução da atividade, pois envolvia inúmeros fatores como conhecimento sobre genética, análise de tabelas e interpretação de texto.

Na primeira questão os alunos deveriam identificar qual atleta tinha o melhor perfil genético para provas de pequeno percurso (velocista). Dos seis grupos apenas dois conseguiram identificar corretamente os atletas com perfil genético ideal para velocista: “Os atletas 5 e 6 possuem mais genes relacionados a força”, “O atleta 6, pois possui um par de genes RR e um ID, que auxiliam na força”. Um grupo considerou apenas o gene *ACTN3* indicando com isso os atletas 1,4,5 e 6 por possuírem o alelo R. Os outros grupos apresentaram respostas incorretas e superficiais “O atleta 1, que possui mais resistência”, “O atleta 1, pois tem os genes RX”, “O atleta 1, porque dos seus genes”.

Quanto ao perfil genético dos atletas de corrida de resistência o resultado foi bem semelhante pois os mesmos grupos acertaram novamente a questão 2: Qual desses atletas tem o melhor perfil genético para provas de longas distâncias (fundistas)? Justifique. “O atleta 2, pois possui genes relacionados à resistência XX e II”; “O atleta 2, pois possui um par de genes XX e um II”. Os demais grupos também apresentaram respostas incorretas e superficiais nessa questão: “Os atletas com genes RR ou RX e D, têm mais chance de fazer provas de longas distâncias pois são mais fortes”; “O atleta 2 porque tem mais força”; “O atleta 3 pois nele estão presentes genes do tipo XX”. A análise das respostas mostra que a maioria dos grupos teve dificuldade de interpretar o texto da aula anterior que fazia um paralelo entre os tipos de fibras musculares Tipo I (de contração lenta / vermelhas) e Tipo II (de contração rápida / brancas), e talvez por isso não chegaram ao resultado desejado. Os alunos de início tiveram dificuldade de relacionar as informações contidas nos textos da aula anterior com as imagens fornecidas na questão. Para auxiliá-los, eles receberam novamente os textos e os cariótipos que haviam montado.

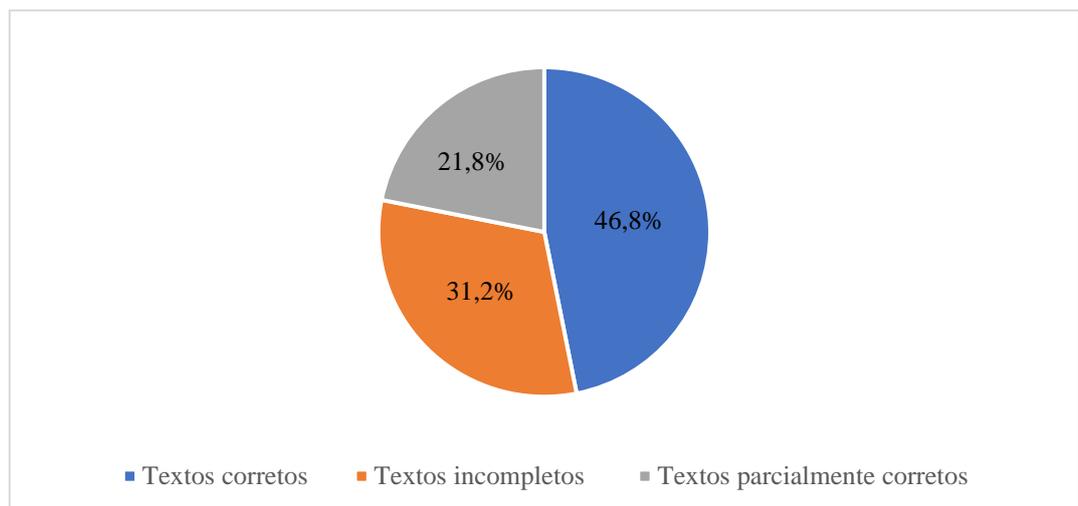
Com a realização da atividade, os alunos começaram a perceber que nosso genoma está relacionado a mais características do que a simples cor dos olhos, tipo de sangue, etc. Os alunos discutiram sobre como o sequenciamento genético poderia ajudar na prevenção e tratamento de doenças: “A análise pode ajudar a compreender se alguém tem pré-disposição genética para alguma doença no futuro”, “ Pode ajudar a descobrir mutações e assim corrigi-las, buscando um avanço na qualidade de vida e na cura de doenças”, mas também demonstraram preocupação sobre os dilemas éticos relacionados a essa prática: “A análise de perfil genético abre a porta para a edição genética que pode levar à criação de seres humanos mais “capacitados” fisicamente e mentalmente” , “ fazer mutações genéticas para criar atletas perfeitos”, “ a análise genética torna possível a manipulação genética e isso pode ser o primeiro passo para a criação de super humanos”.

Por fim, na quinta aula ocorreu a socialização dos resultados, em que os grupos apresentaram os modelos didáticos construídos, o perfil genético dos atletas e a análise das imagens da simulação do perfil genético dos atletas. Durante a apresentação, alguns conceitos importantes de genética foram discutidos como cariótipo, cromossomos simples e duplicados, síndromes cromossômicas, DNA, genes, lócus gênicos e alelos. É fundamental que o estudante compreenda as relações entre gene, alelo, cromossomo, cromatina, célula e a totalidade do organismo, para que assim, ele passe a entender como a informação genética é transferida para seus descendentes [...] (YAMAZAKI, 2010).

A última aula foi destinada à avaliação do conteúdo estudado na sequência investigativa. Cada aluno produziu um texto usando os termos: DNA, células, cromossomos, alelos, cariótipo, genes e proteínas e responderam novamente à pergunta norteadora. A maioria dos alunos conseguiu desenvolver o texto e responder à questão investigativa.

A análise dos textos (Figura 5) mostrou que dos 32 alunos presentes na aula e que responderam à atividade, 15 alunos (46,8%) explicaram corretamente os conceitos e estabeleceram suas correlações enquanto 10 alunos (31,2%) entregaram os textos incompletos, não abordando todos os termos. A não abordagem de alguns termos pode estar associada a falta de atenção do aluno ou a intenção de não abordar os conceitos que não dominavam plenamente.

**FIGURA 5 – CATEGORIAS DOS TEXTOS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS SOBRE GENOMA**



FONTE: O AUTOR (2022)

Sete alunos (21,8%) escreveram textos parcialmente corretos. O quadro a seguir apresenta os principais erros cometidos por esses alunos.

**QUADRO 2 – RESPOSTAS INCORRETAS REGISTRADAS PELOS ALUNOS SOBRE GENOMA**

<b>Respostas incorretas dos alunos</b>	“Os cromossomos e cariótipos compõem nosso DNA”
	“O DNA é como se fosse cromossomos enrolados”
	“O DNA possui fios que são conhecidos como cromossomos”
	“As células carregam nosso cariótipo dentro dos nossos cromossomos”
	“Nossos cromossomos são proteínas enroladas”
	“O DNA é uma simples fita de proteínas”
	“Dentro do DNA temos o nosso cariótipo”

FONTE: O AUTOR (2022)

A análise das respostas nos permitiu concluir que alguns alunos ainda confundiram termos como: cariótipo, cromossomo, DNA, genes e alelos. Segundo Silveira e Amabis (2003) a relação entre cromossomos, genes e a informação hereditária não é clara para os estudantes. Silveira e Amabis (2003) relatam que em uma pesquisa realizada por Lewis *et al.* (2000) os estudantes que estão no final do curso científico obrigatório na Inglaterra afirmaram ser o gene maior que cromossomo. Cromossomo, gene e alelo têm suas definições facilmente confundidas e o conceito de gene, principalmente, não é claro (PAIVA; MARTINS, 2005).

De maneira geral, os conteúdos de Ciências e Biologia envolvendo DNA são considerados abstratos e complexos pelos alunos da educação básica. Com isso, o entendimento desses alunos em relação aos processos que envolvem essa molécula muitas vezes é superficial e insuficiente (KRASILCHIK, 2004).

Os alunos responderam novamente à pergunta norteadora: Como nosso genoma revela quem somos nós? Foi possível categorizar as respostas dos alunos, com base em Bardin (2011), em três categorias de análise: material genético, ancestralidade e características físicas. Dos 37 participantes presentes na aula 21 (56%) responderam que o nosso genoma revela quem somos nós por meio do nosso material genético (cromossomos, DNA e genes), ou seja, somos aquilo que está gravado em nosso genoma e a sua expressão revela nossas características biológicas, 12 (32,4%) responderam que o nosso genoma revela quem somos nós por meio da nossa ancestralidade, trazendo além da constatação biológica uma conotação social, uma preocupação em saber sobre nossas origens, nossa história, e apenas 4 (10,8%) responderam que o nosso genoma revela quem somos nós a partir das nossas características físicas, ou seja, o nosso fenótipo manifesta o nosso genoma, mostrando quem somos nós.

#### 4.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE EDIÇÃO GENÉTICA

Para a realização da sequência didática sobre edição genética foram utilizadas seis aulas com duração de 50 minutos cada. Ao iniciar a aula, o professor pesquisador perguntou aos alunos se eles sabiam o que é edição genética. Alguns alunos afirmaram que sim, entretanto ao apresentarem suas respostas mostraram um maior contato com o tema transgênicos. Alguns alunos afirmaram que edição genética é a troca de genes de uma espécie por genes de outras espécies. Após essa discussão inicial foi explicado aos alunos o processo de edição genética e as principais ferramentas utilizadas pela Engenharia Genética para a manipulação do DNA, em especial a CRISPR. Em seguida foram trabalhados dois vídeos: “**O mistério do CRISPR**” e “**A edição do DNA via CRISPR/Cas9**”. Após os vídeos, foi apresentado aos alunos o seguinte problema investigativo: **Será que vale a pena editar o DNA humano?** Os alunos se reuniram em grupos de cinco pessoas, discutiram o tema e elaboraram respostas apresentadas no quadro a seguir.

**QUADRO 3 – RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ALUNOS PARA O PROBLEMA INVESTIGATIVO SOBRE EDIÇÃO GENÉTICA**

<b>Grupos</b>	<b>Respostas</b>
<b>Grupo 1</b>	“Depende, pois por um lado podemos utilizar esta tecnologia para modificar genes relacionados a doenças, Ex: câncer de mama. O lado negativo é que modificando pessoas para genes esportivos fará essas pessoas criarem vantagens sobre as pessoas não modificadas”
<b>Grupo 2</b>	“Vale a pena no contexto da saúde, portanto poderíamos acabar com o câncer, criar pessoas mais fortes e resistentes”
<b>Grupo 3</b>	Em nossa opinião a edição genética vale a pena, pois ajudaria a melhorar a qualidade de vida e curar doenças como o câncer, HIV, o que seria um grande avanço para a humanidade. Porém tudo tem suas desvantagens, como uma segregação de pessoas “editadas” e pessoas “normais”, a criação de pessoas perfeitas, as pessoas teriam privilégios”
<b>Grupo 4</b>	“Na minha opinião e de todo o meu grupo, a edição genética deve ser discutida de forma ética e humana. A edição genética deve ser utilizada apenas para benefícios da saúde, cura de doenças e prevenção de outras”
<b>Grupo 5</b>	Todos os participantes do meu grupo concordam que a edição genética para fins de evolução mental ou física, geraria uma supremacia, trazendo um enorme perigo para a sociedade atual. Seria algo bastante parecido com o que Hitler tentou aplicar na Alemanha”.

FONTE: O AUTOR (2022)

Percebe-se que os alunos se mostraram bem receptivos com o uso da técnica na prevenção e tratamento de doenças, por outro lado manifestaram uma grande preocupação com os aspectos éticos relacionados à edição genética. A preocupação sobre as implicações sociais

da ciência não está dissociada da aprendizagem de conteúdo. O aluno deve, ao término do ensino médio, aprender conceitos básicos, participar de maneira analítica de processos de investigação científica, bem como se posicionar sobre as implicações sociais da ciência (KRASILSHIK, 2008). A compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática são preceitos básicos da Alfabetização Científica (MOTOKANE, 2015).

Na aula seguinte foi proposto aos alunos um Júri Simulado sobre edição genética em embriões humanos. Os alunos, por já estarem envolvidos com o tema genoma e com a primeira aula sobre edição genética, ficaram extremamente empolgados com o tema e entenderam a atividade como um desafio, o que foi muito bom, afinal desafios bem planejados contribuem para mobilizar as competências desejadas, intelectuais, emocionais, pessoais e comunicacionais estimulando atitudes proativas nos estudantes (MORÁN, 2015). A dinâmica da atividade foi explicada aos alunos e a classe dividida em dois grupos: promotoria e defensoria. A formação dos grupos deu-se a partir da lista de chamada, o que gerou bastante reclamação, já que cada aluno queria defender seu ponto de vista inicial. Essa forma de divisão contribuiu para que em cada grupo tivessem alunos com opiniões pré-formadas a favor e contra o tema. A partir desse momento, os grupos iniciaram a busca de informações sobre o tema na internet, com o auxílio e monitoramento do professor. A participação do professor nesse momento foi fundamental devido à falta de veracidade de muitas informações que são dispostas nos meios de comunicação. Segundo Ferreira (1998) a utilização da internet na sala de aula tira do professor o monopólio do conhecimento, fornecendo aos alunos subsídios para serem participantes ativos na construção de seus próprios conhecimentos. Cabe ao professor direcionar as buscas na internet, e atestar a veracidade das informações encontradas.

Na terceira aula os alunos se reuniram em salas distintas para aprofundamento do assunto, construção das argumentações e escolha dos advogados e promotores que atuariam no dia do julgamento. Foi um momento muito importante pois os alunos, a partir das informações recebidas, construíram argumentos para defender o posicionamento do grupo. A presença de alunos com opiniões antagônicas dentro do mesmo grupo enriqueceu a construção dos argumentos havendo debates acalorados. No grupo da promotoria houve uma divergência quanto à argumentação em relação ao preço do processo. Alguns alunos acharam esse aspecto irrelevante pois seria facilmente derrubado pela defensoria. Uma aluna apresentou a seguinte fala “Celular já foi muito caro e hoje todo mundo tem”. Outro argumentou “Tudo quando lança é caro, depois fica mais barato”. No grupo da defensoria houve uma percepção de que todos os avanços científicos são precedidos de grandes debates éticos. Durante a reunião foram comuns

falas como: “É sempre assim, sempre tem os do contra”, “Até hoje é assim com as vacinas”, “Criam polêmica com tudo”. O período que passei mediando o diálogo em cada grupo foi fundamental para o ajuste de conceitos, auxílio na construção dos argumentos e para minha percepção sobre a atividade. Segundo Motokane (2015) a exposição dos argumentos por parte dos alunos permite ao professor acompanhar o modo como se dá a construção do conhecimento por parte destes tornando um indicador de sua aprendizagem.

As aulas 4 e 5 foram geminadas visando o desenvolvimento da atividade sem interrupção. Foi declarada a abertura oficial da sessão do júri, entoado o Hino Nacional Brasileiro e convocados os jurados a ocuparem seus lugares. Os estudantes estavam bem animados, ansiosos e nervosos para o início da atividade. O clima era de jogo. O Júri Simulado deve ser trabalhado não apenas como um debate, mas deve ser criado um ambiente fictício de tribunal, com as figuras de juízes, advogados, testemunhas e júri (BRITO e SÁ, 2010). O ambiente fictício, a plateia e o desafio de defender publicamente um tema gerou nos alunos um grande envolvimento emocional e nervosismo, principalmente nos que iriam atuar como advogados e promotores.

O juiz fez uma breve apresentação do tema: liberação da edição genética em embriões humanos e concedeu a palavra à promotoria. O quadro (QUADRO 4) abaixo apresenta os principais argumentos apresentados pelos grupos.

**QUADRO 4 – PRINCIPAIS ARGUMENTOS APRESENTADOS PELOS ALUNOS DURANTE O JÚRI SIMULADO**

ACUSAÇÃO	DEFESA
“Primeiros bebês humanos foram editados. Casos permanecem obscuros. Embrião humanos são muito diferentes de outros seres vivos”.	“Irei defender a edição genética. Pauta polêmica na biologia e bioética. Divide opiniões. Podemos erradicar doenças. Genes letais poderiam ser cortados.
“Será que estamos criando uma espécie mais avançada? Semelhante ao que ocorreu em 1939 na Segunda Guerra Mundial? É perigoso!”	“A eugenia que ocorreu no nazismo é que um povo acreditava ser melhor que outro. Isso não é lógico”
“Seria justo criar super-humanos? Até onde os limites irão parar? E isso é perigoso, mesmo tendo leis, teve o chinês que editou”.	
“Ciência não será para todos, medicina não é para todos. Ricos terão e pobres não. Não terão a mesma qualidade de vida”.	“Sistema Crispr é inovador, barato. Temos uma tesoura que corta o DNA. Hoje temos o sistema de fertilização <i>in vitro</i> . Se você pedir um embrião do jeito que você quer, importar, você pode. Uma coisa que não era pensada e hoje é. Vocês podem sim escolher”.
	“Antigamente era caro, 80 mil reais. Hoje barateou. Daqui 15 anos não será tão caro. Pessoas comuns poderão desfrutar desse benefício”.
	“É melhor legalizar isso e fazer de forma segura. A humanidade é assim, sempre terá pessoas querendo fazer coisas ilegais”
“As gêmeas com mutações (editadas) sofrem risco de vida. China não avisou nada. Não se sabe se deu certo, o quão bom ou não foi. Ninguém sabe. Por quê? Porque não deu certo”.	
“Acha justo incluir na sociedade uma desigualdade? No esporte, é correto concorrer juntos? Quem ganha, é quem chega primeiro. Não há dois primeiros lugares”.	
“Em que classe os geneticamente modificados iriam competir?”	
Como iremos incluir no dia a dia essas pessoas? Quem ficaria com as vagas de emprego? Como equilibrar a balança dos editados e não editados na convivência social?	
	“Estamos preocupados com a saúde dos futuros humanos. O planeta está indo de mal a pior”.
“A edição não funcionou, elas trouxeram uma criança ao mundo imune ao HIV. E o psicológico dessa criança e de seus pais? Será que estarão bem? E as outras doenças? Elas vão ter a mesma possibilidade? Os pais terão que passar por isso?”.	“A edição genética visa evitar doenças como a hemofilia. Já existe um remédio, mas não precisará depender dele. Queremos evitar Parkinson, Alzheimer. Queremos o bem. Queremos dar qualidade de vida, agora eu vivo, não sobrevivo. Visamos o prolongamento da vida humana. Queremos um mundo seguro, melhor. Se a doença pode ser evitada, por que não evitar? Visamos melhoria de tudo”.

FONTE: O AUTOR (2022)

Após as argumentações finais da promotoria e defensoria os jurados foram encaminhados para a sala de votação, cada jurado escreveu seu voto em uma cédula de papel. Após a contagem dos votos, o juiz retornou ao plenário e apresentou o resultado do júri: A maioria dos jurados votou contra a liberação da edição genética em embriões humanos. O grupo da promotoria fez uma grande festa: “Ganhamos, ganhamos, ganhamos”. O Júri Simulado, simulação de um tribunal em sala de aula, comumente utilizado como uma estratégia didática (BRITO e SÁ, 2010) foi visto pelos alunos realmente como um jogo, o que está de acordo com a literatura. O Júri Simulado, embora não aparente ter características formais de um jogo, por apresentar mais diálogos do que ações, proporciona grande prazer justamente na experiência de vencer o adversário com sua argumentação, mostrando que desafiar e ser desafiado também é lúdico (CAVALCANTI, 2018). Segundo Huizinga (2010), o Júri Simulado é uma estratégia lúdica equiparada ao jogo por apresentar regras estipuladas, ter uma duração de tempo limitada, ter função cultural e social, desenvolver-se em lugar específico, ter o espírito de competição e envolver o jogador de maneira intensa e total. Ficou evidente o envolvimento e preparo dos alunos, desde o figurino, até a linguagem utilizada na realização da atividade e independente do clima de competição no final os alunos se abraçaram, tiraram muitas fotos e reconheceram o Júri Simulado como uma oportunidade de construção ativa do conhecimento.

A última aula foi destinada à sistematização do conhecimento onde cada aluno respondeu à pergunta sobre o que é edição genética e depois elaborou um pequeno texto relatando a sua posição sobre o tema discutido e os aspectos mais relevantes do debate.

A análise das respostas sobre essa pergunta nos permite inferir que a maioria dos alunos compreendeu a questão. Dos 30 alunos que realizaram essa etapa avaliativa, 25 (83%) desenvolveram corretamente suas respostas. O quadro a seguir (QUADRO 5) apresenta algumas respostas avaliadas como corretas.

**QUADRO 5 - RESPOSTAS CORRETAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE EDIÇÃO GENÉTICA**

“É a alteração na genética de uma pessoa através da substituição de uma sequência de genes por outra. O CRISPR é uma “tesoura genética que corta as sequências danificadas”
“É como cortar um pedaço do seu DNA, com isso você pode tirar um gene prejudicial à saúde”
“É como você modificar o DNA de um ser vivo e a partir daí todos os seus descendentes passarão a ter seu DNA modificado”
“É a tecnologia que permite modificar com precisão os genes de um ser vivo”
“Pode ocorrer por inserção, substituição de sequencias e até por deleção”
“É uma técnica em que um gene específico é inserido, substituído ou removido com a utilização de tesouras moleculares”
“É a eliminação da parte problemática do DNA”
“É uma alteração no nosso DNA para evitar doenças”

FONTE: O AUTOR (2022)

Embora corretas, as respostas apresentadas mostram que os alunos abordam o assunto de maneira muito superficial, evitando abordar detalhes que dependem de um conhecimento mais aprofundado sobre o tema.

Cinco alunos (16,6 %) responderam à questão de forma incorreta. O quadro a seguir apresenta as respostas elaboradas por eles.

**QUADRO 6 – RESPOSTAS INCORRETAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE EDIÇÃO GENÉTICA**

“Consiste na retirada do DNA defeituoso, colocando outro no lugar”
“É a substituição ou remoção de um genoma utilizando “tesoura molecular”.
“É um processo biotecnológico que visa melhorar determinados genes”
“É uma alteração nos genes para retirar doenças”
“É um procedimento médico que consiste em fazer uma mudança física para retirar uma doença futura”

FONTE: O AUTOR (2022)

A análise dessas respostas nos permite perceber que alguns alunos ainda não adquiriram uma linguagem científica, muitas vezes usam os termos: genes, genoma, DNA e cromossomos como sendo sinônimos, além de não compreenderem a relação entre genes e doenças.

O conteúdo dos textos produzidos foi categorizado com base na instrução fornecida na questão. Quanto aos aspectos positivos os alunos apresentaram argumentos principalmente relacionados a questão de saúde e sobre evolução humana, conforme o quadro 7:

**QUADRO 7 – ASPECTOS POSITIVOS DA EDIÇÃO GENÉTICA APRESENTADOS PELOS ALUNOS**

“Uma das principais vantagens da edição genética é a possibilidade de evitar doenças”
“Doenças hereditária serão praticamente extintas”
“Uma das vantagens é evitar uma enorme gama de doenças”
“Somos a única espécie capaz de controlar a própria evolução”

FONTE: O AUTOR (2022)

Em relação aos aspectos negativos (QUADRO 8) os alunos abordaram o risco de erros e a possibilidade de uma segregação entre editados e não-editados.

**QUADRO 8 – ASPECTOS NEGATIVOS DA EDIÇÃO GENÉTICA APRESENTADOS PELOS ALUNOS**

“Não há ainda estudos suficientes que comprovem a eficácia da edição genética”
“A edição genética coloca em risco uma vida, e até mesmo uma geração”
“O lado ruim da edição genética é a grande diferença que teria entre os editados e os não editados”
“Há um debate sobre a ética, pois pode acarretar em uma possível nova forma de eugenia”

FONTE: O AUTOR (2022)

Em relação ao tema debatido oito alunos (26,6 %) se posicionaram contra a liberação da edição genética em embriões humanos “ Sou contra a edição, acho que a evolução humana é algo natural e não deve ser controlada por nós”, “ Sou contra a edição genética pois não estamos modificando apenas um ser, mas sim toda geração futura”, Sete alunos (23,3%) se posicionaram a favor “ Sou a favor pois só uma mãe que tem um filho com deficiência sabe como é difícil”, “ Sou a favor da edição genética pois muitas pessoas sofrem com várias doenças e isso poderia acabar”. Quinze alunos (50%) embora tenham apresentado argumentos positivos e negativos sobre a edição genética em embriões humanos não quiseram se posicionar a favor ou contra o tema: “Não sou totalmente a favor e nem contra, tenho que me aprofundar mais”, “A edição genética tem muitos pontos positivos e muitos pontos negativos, isso me faz me sentir inseguro sobre o assunto”. A análise dos textos permitiu observar que alguns termos são

utilizados de forma não condizente com o significado original, como por exemplo “A edição genética permite a retirada de uma doença”, “A edição genética vai mexer com o código genético do embrião”. Alguns alunos aproveitaram a oportunidade para escrever sobre a realização do Júri Simulado e sobre o tema “Eu achei o tema bem interessante, bem novo, é a primeira vez que ouço sobre isso”, “foi válido e bastante pertinente o assunto debatido no Júri” “Em relação ao Júri Simulado foi algo muito interessante para mim, pois nunca tinha presenciado e foi algo de muito aprendizado”.

#### 4.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE VACINAS

A atividade foi desenvolvida para a aplicação em três aulas de 50 minutos. No primeiro momento foi promovido um diálogo sobre vacinas buscando identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema e discutir as seguintes questões:

- O que é vacina?
- Como a primeira vacina foi criada?
- Qual a importância das vacinas para a humanidade?

Os alunos tiveram dificuldade de conceituar vacina e apresentaram respostas bem superficiais: “É uma coisa que protege nosso organismo”, “Elas preparam nosso organismo”, “Evitam doenças”. Quanto à origem da primeira vacina, alguns alunos afirmaram que veio da vaca, mas não sabiam com qual doença estava relacionada: “tem a ver com um médico que estudou uma doença da vaca”, “não lembro pra qual doença”, “acho que foi varíola”. Quanto à importância das vacinas para a humanidade, os alunos se sentiram bem à vontade para responder e foram enfáticos: “vacinas salvam vidas”, “sem as vacinas talvez não estaríamos mais aqui”, “precisamos confiar nas vacinas”.

Após a discussão inicial, os alunos se reuniram em grupos de cinco pessoas para ler um fragmento do texto sobre a “Doença X”, termo usado pela OMS em referência a uma doença desconhecida, mas com imenso potencial epidêmico e, em seguida, responder o problema investigativo: **como vocês desenvolveriam uma vacina para a “Doença X”?**

Os seis grupos apresentaram suas hipóteses e suas respostas estão apresentadas no quadro 9:

**QUADRO 9 - RESPOSTAS ELABORADAS PELOS ALUNOS PARA O PROBLEMA INVESTIGATIVO SOBRE VACINAS**

<b>Grupo</b>	<b>Respostas</b>
<b>Grupo 1</b>	“Iniciariamos estudando sobre o vírus e mapeando sua estrutura. Após reconhecimento testariamos sua resistênciã e depois testariamos em humanos”
<b>Grupo 2</b>	“Fariamos um teste com o vírus inteiro para a criação da vacina. Nesse teste o nosso objetivo seria analisar como nosso organismo seria atingido e a eficácia da vacina”
<b>Grupo 3</b>	“...Veriãmos os anticorpos para matar os vírus, e começariamos os testes das vacinas. Estudariamos quais os efeitos colaterais e a eficácia da vacina. Após todos os testes necessários, começariamos a vacinação e distribuição mundial das vacinas”
<b>Grupo 4</b>	“As vacinas são criadas para criar novos anticorpos. Pega os anticorpos e colocar junto com o vírus para ver a reação
<b>Grupo 5</b>	“Coletaria o vírus, enfraqueceria ele a ponto de não causar mal ou danos a pessoa. Colocaria na composição da vacina afim de estimular a produção de anticorpos, levando assim a imunização”
<b>Grupo 6</b>	“Começaria estudando os vírus para analisar sua estrutura e poder desativar, para que possa ser introduzido um anticorpo fazendo eles aprenderem a se defender do vírus em sua forma atenuada”.

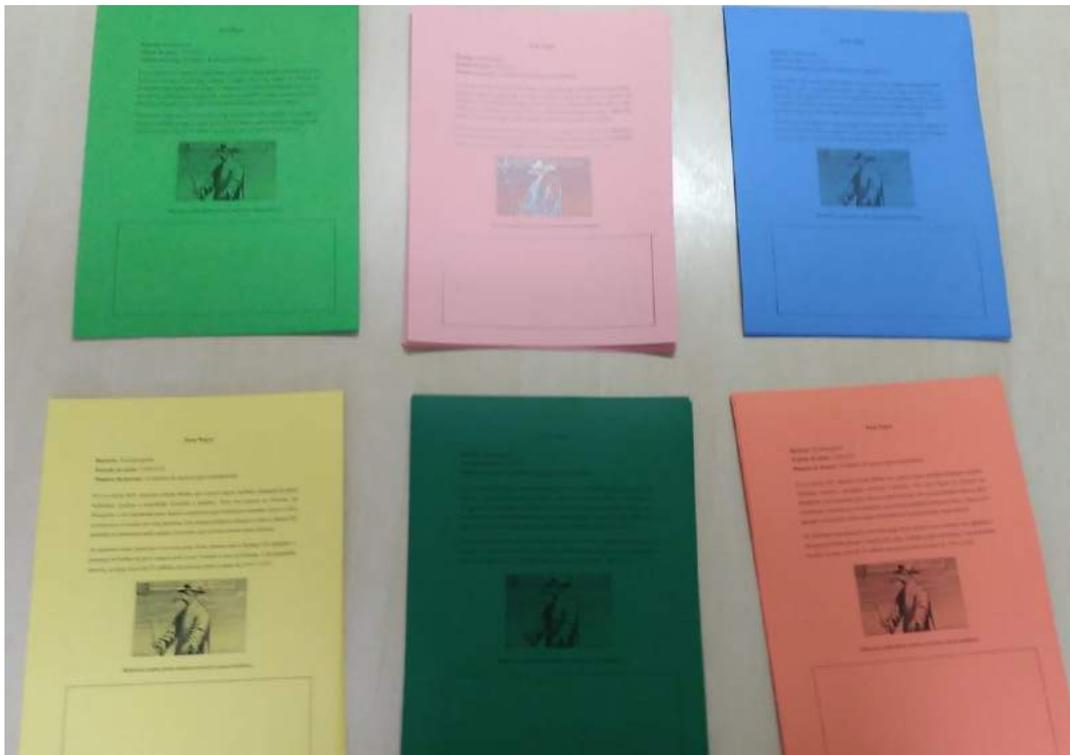
FONTE: O AUTOR (2022)

Embora o texto entregue aos grupos deixasse claro que a OMS não sabe se o agente etiológico da “Doença X” era um vírus, bactéria ou outro microrganismo, os seis grupos citaram diretamente os vírus na construção de suas respostas. A análise das respostas nos permitiu concluir que apenas o grupo cinco respondeu corretamente à questão, citando uma das formas mais tradicionais de produção da vacina “coletaria o vírus, enfraqueceria ele a ponto de não causar mal ou danos à pessoa”. Segundo Araújo *et al* (2010), os adolescentes possuem um escasso conhecimento sobre vacinas e doenças contra as quais elas protegem. Além disso foi perceptível que a maioria dos alunos participantes dessa pesquisa entendiam de forma equivocada a relação entre patógenos, vacinas e anticorpos, o que ficou explícito em algumas respostas: “veríamos os anticorpos para matar os vírus, e começaríamos os testes das vacinas”, “pegar os anticorpos e colocar junto com o vírus para ver a reação”, “para que possa ser introduzido um anticorpo fazendo eles aprenderem a se defender do vírus”. Para Crepe (2009), anticorpos são proteínas solúveis que se encontram no plasma, neutralizam microrganismos e colaboram para sua destruição. Quando o indivíduo é vacinado ou imunizado irá produzir células especializadas de defesa que circulam no organismo e que guardam na memória como produzir esses anticorpos por muito tempo, ou a vida toda. Desta forma, quando expostas

novamente aos patógenos, as células do sistema imune serão capazes de inibir os microrganismos antes de desenvolverem a doença (MADIGAN *et al.*, 2010). Segundo Quintans (2009), sistema imune é pouco explorado nas aulas de Biologia na escola, sendo geralmente trabalhado como um anexo do sistema cardiovascular e/ou como texto complemento em alguns livros didáticos do Ensino Médio. O sistema linfático é brevemente explicado, suas células e funções podem ser mencionadas, mas a discussão sobre temas relativos à novas descobertas e a ênfase na manutenção da saúde muitas vezes são esquecidos.

Na aula seguinte cada grupo recebeu oito fichas coloridas (Figura 6). Cada grupo foi identificado com uma cor. As fichas continham informações sobre uma doença relacionada às maiores pandemias da história da humanidade, além disso, receberam oito fichas menores, com informações sobre vacinas. Em grupos eles deveriam identificar qual vacina atua na prevenção de cada doença específica e anexá-las às fichas maiores. As informações sobre as vacinas estavam na forma de enigmas, o que exigia dos alunos conhecimento sobre a história de sua descoberta e sua forma de produção.

**FIGURA 6 – FICHAS COM INFORMAÇÕES SOBRE DOENÇAS RELACIONADAS ÀS PANDEMIAS**

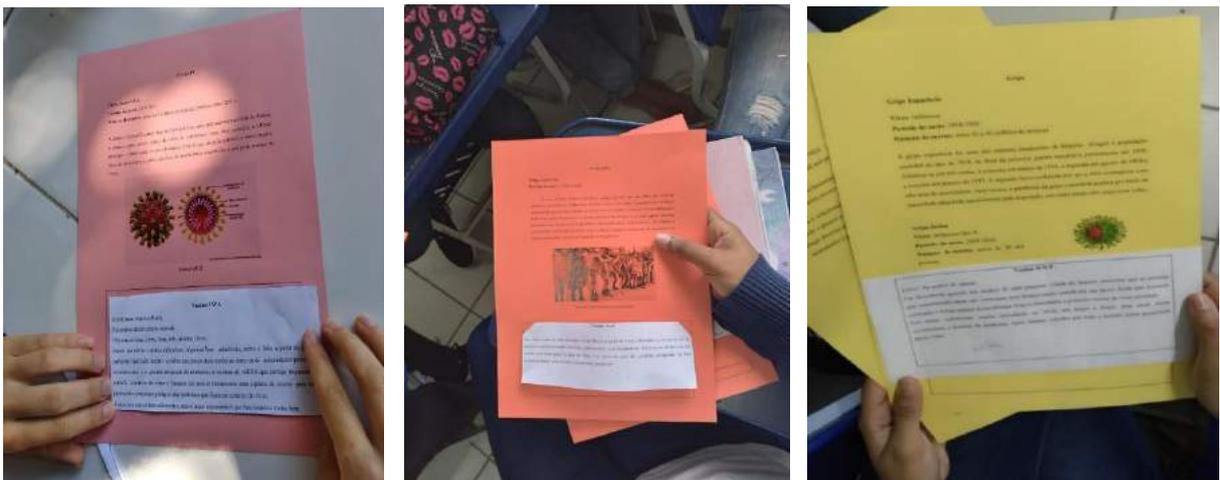


FONTE: ACERVO DO AUTOR (2021)

Os grupos desenvolveram essa atividade por meio de tentativas e erros, muitas vezes estabeleciam relações e durante a atividade percebiam que as informações se referiam a outras

doenças o que levou à divergência de ideias e debates dentro dos grupos. Após as discussões, os alunos anexaram as fichas das vacinas nas fichas das doenças (Figura 7). Borges e Lima (2007) ressaltam a importância da utilização de estratégias didáticas que promovam o diálogo entre teoria e prática, incentivando o aluno a ser protagonista de sua aprendizagem e exigindo dele a autoria de textos e ideias. A realização da atividade investigativa sobre vacinas, proporcionou aos estudantes a análise cuidadosa de dados e a argumentação para defender suas hipóteses. Em seu trabalho, Trivelato e Tonidandel (2015) defendem a utilização de estratégias que desloquem o foco da aquisição de conteúdos científicos para a inserção do aluno na cultura científica desenvolvendo habilidades que são próximas do “fazer científico” como a reflexão, construção de argumentos, discussão, relato e explicações. A argumentação é muito importante pois permite aos alunos, a partir de seus discursos, descreverem ideias, apresentarem hipóteses e evidências, justificando suas conclusões (SASSERON; CARVALHO, 2011).

**FIGURA 7 – ALUNOS ANEXANDO AS FICHAS DAS VACINAS NAS FICHAS DAS DOENÇAS**

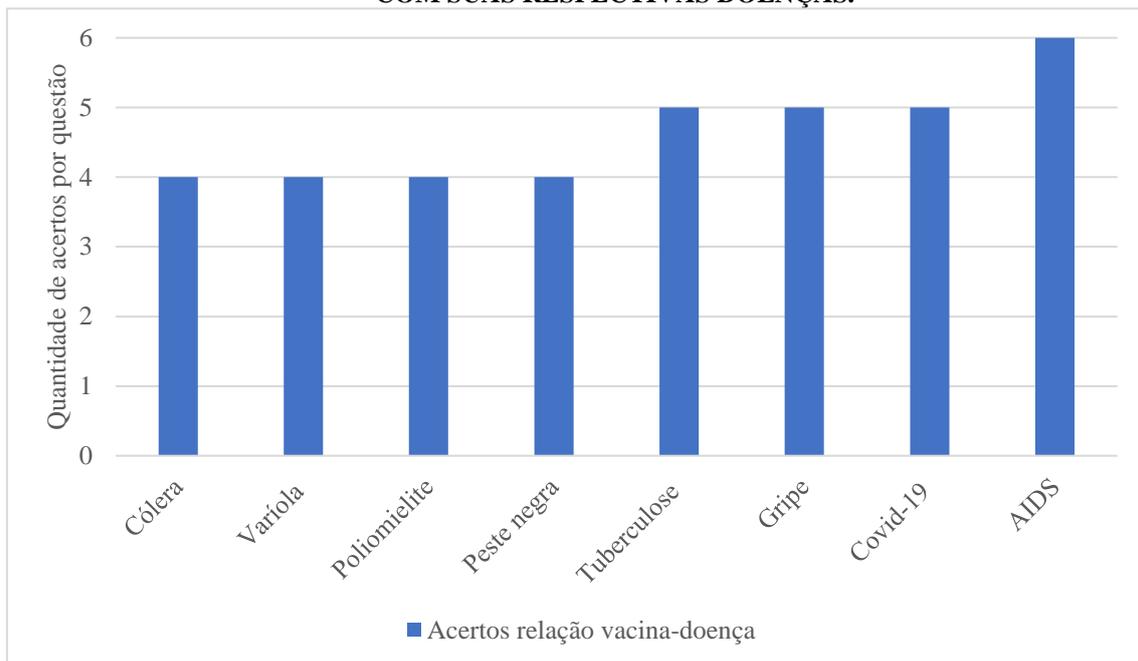


FONTE: ACERVO DO AUTOR (2021)

Ao analisar o desempenho dos grupos em resolver os enigmas, ou seja, descobrir quais vacinas estavam relacionadas a cada doença, foi possível observar que os grupos se envolveram em níveis diferentes de comprometimento e identificaram as vacinas em tempos variados. A análise das respostas mostrou que três grupos (laranja, amarelo e verde escuro) associaram corretamente as oitos vacinas com suas respectivas doenças. O grupo rosa associou corretamente seis fichas e confundiu apenas as informações da cólera e da varíola. O grupo azul associou corretamente quatro fichas (gripe, cólera, AIDS, tuberculose) e errou as outras quatro (peste negra, varíola, Covid-19 e poliomielite), já o grupo verde associou corretamente apenas três fichas (AIDS, Varíola, e Covid-19) errando as outras cinco (poliomielite, tuberculose, peste

negra, cólera e gripe). As menores frequências de acertos (figura 8) foram nas questões sobre cólera, varíola, poliomielite e peste negra, o que pode ser justificado pelo fato dessas doenças estarem controladas, eliminadas ou erradicadas, diminuindo o fluxo de informações sobre elas. O maior índice de acertos foi sobre a AIDS, o que se justifica pela faixa etária dos alunos participantes, pelo grande fluxo de informações sobre a síndrome nos meios de comunicação e pela ausência de vacinas liberadas até o momento.

**FIGURA 8- FREQUÊNCIA DE ACERTOS DAS ATIVIDADES DE ASSOCIAÇÃO DAS VACINAS COM SUAS RESPECTIVAS DOENÇAS.**



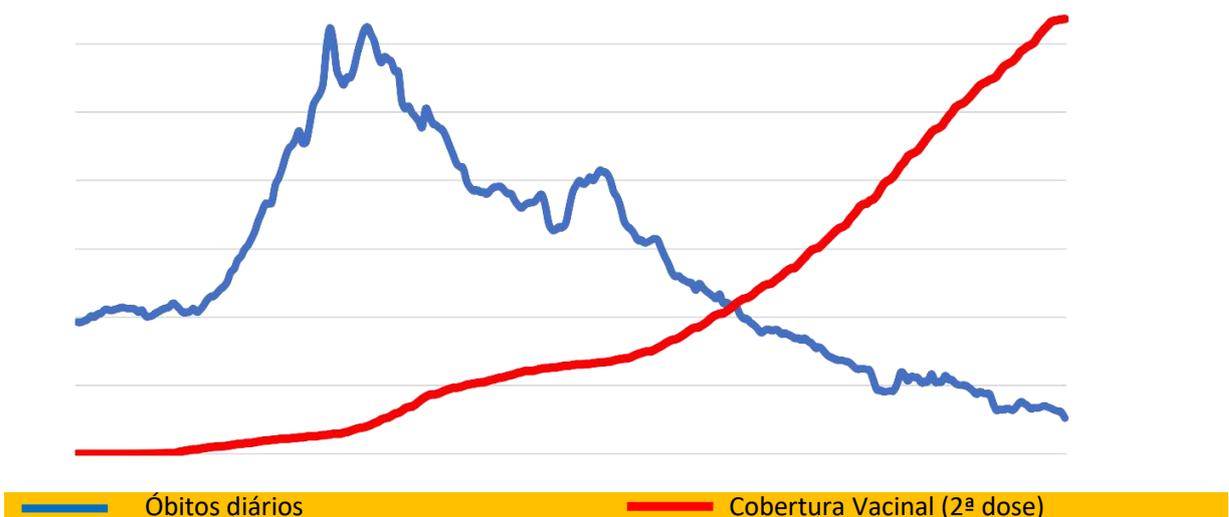
FONTE: O AUTOR (2022)

Alguns alunos afirmaram não saber da existência das vacinas contra varíola, cólera e peste negra e que não lembram de já ter tomado essas vacinas, o que se justifica pelo fato dessas vacinas não fazerem mais parte do Programa Nacional de Imunizações (PNI). A criação desse programa em 1973, proporcionou condições para uma drástica redução da morbimortalidade por doenças passíveis de prevenção por vacinação, destacando-se a eliminação da poliomielite em 1989, e a erradicação da varíola, certificada em 1980 (FORATTINI, 1985). De acordo com Pedroso e Rocha (2009), a erradicação de uma doença transmissível implica a extinção planetária do seu agente etiológico e a impossibilidade de sua reintrodução, sendo desnecessária qualquer medida de prevenção. Já a eliminação de uma doença constitui alternativa próxima da erradicação, mais viável e que se obtém pela cessação da sua transmissão em extensa área geográfica, mantendo-se o risco de sua reintrodução, o que justifica a manutenção da vacinação.

A última aula dessa sequência didática investigativa enfatizou a importância das vacinas no controle da pandemia da Covid-19, os tipos de vacinas contra a doença disponibilizadas pelo PNI e os riscos que os movimentos antivacinas representam no combate às doenças. Além disso, responderam novamente à questão norteadora “como vocês desenvolveriam uma vacina para a “Doença X”?”

Os grupos receberam a atividade com quatro questões a serem resolvidas. A primeira apresentou um gráfico da Fiocruz (Figura 9) sobre taxa de vacinação contra covid-19 e número de óbitos pela doença nos meses de janeiro a outubro do ano de 2021, e a seguinte pergunta: **quais conclusões podemos tirar a partir da análise desse gráfico?**

**FIGURA 9 – GRÁFICO DA RELAÇÃO VACINA-ÓBITOS POR COVID-19 DE JANEIRO A OUTUBRO DE 2021**



Adaptado de Portal Fiocruz<sup>1</sup> (2021)

Os alunos analisaram o gráfico e sentiram-se diante de uma prova concreta de que a vacinação contra a covid-19 estava surtindo efeito positivo. Essa constatação baseou-se nas seguintes falas dos alunos durante a atividade “dá para ver claramente no gráfico que a medida que a vacinação aumentou o números de mortes diminuiu”, “se esse ano não tivesse vacina, o número de mortes não ia cair”, “o gráfico mostra mais mortes no início do ano, antes das

<sup>1</sup>Fonte: <<https://portal.fiocruz.br/documento/boletim-extraordinario-do-observatorio-covid-19-4-de-novembro>>. Acesso em: 03 nov 2021.

vacinas”. Após as discussões em grupos eles elaboraram as respostas apresentadas no quadro 10:

**QUADRO 10 – CONCLUSÕES APRESENTADAS PELOS ALUNOS APÓS ANÁLISE DO GRÁFICO SOBRE RELAÇÃO VACINA-ÓBITOS**

<b>Grupo</b>	<b>Respostas</b>
<b>Grupo 1</b>	“Quanto maior a taxa de vacinação, menor a taxa de óbitos”
<b>Grupo 2</b>	“Com o aumento da vacinação automaticamente os óbitos caem, pois as vacinas estão sendo eficazes, e a população está tomando corretamente”
<b>Grupo 3</b>	“O número de óbitos vai diminuindo de acordo com que a vacinação vai avançando”
<b>Grupo 4</b>	“Vacinas salvam vidas. É extremamente importante para a sociedade em geral”
<b>Grupo 5</b>	“Com o avanço das campanhas de vacinação o número de óbitos diminuiu, uma vez que as vacinas diminuem os riscos de complicações”
<b>Grupo 6</b>	“A vacinação contribuiu para a diminuição dos óbitos por Covid-19”

FONTE: O AUTOR (2022)

A análise das respostas nos permitiu inferir que eles reconheceram a importância das vacinas na prevenção da doença e controle da pandemia e estabeleceram relação direta entre o aumento da cobertura vacinal e a diminuição da taxa de óbitos por Covid-19. A vacinação é utilizada como medicina preventiva desde o final do século XVIII, ela é o procedimento médico que possibilita maior impacto na redução da morbimortalidade (BALLALAI; MONTEIRO; MIGOWSKI, 2007). De acordo com Pinto, Matta e Cruz (2011), um programa de vacinação efetiva fornece imunidade grupal, uma vez que a redução do número de membros suscetíveis de uma população pode ocasionar diminuição do reservatório natural de indivíduos infectados e, conseqüentemente, na probabilidade de transmissão da infecção. Assim, mesmo os membros não-vacinados de uma população podem ser protegidos da infecção, se a maioria for vacinada.

A segunda pergunta abordou os tipos de vacinas contra a Covid-19 usadas pelo PNI e as diferenças entre elas. Embora o assunto vacina tenha sido abordado em vários momentos durante o ano letivo de 2021 e demasiadamente nos meios de comunicação em geral, os alunos não se sentiram seguros para responder essa questão e alguns grupos pesquisaram o tema na internet. Após a pesquisa e discussão, os grupos apresentaram suas respostas (Quadro 11).

**QUADRO 11 – RESPOSTAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE OS TIPOS DE VACINAS CONTRA A COVID-19 UTILIZADAS NO BRASIL**

<b>Grupo</b>	<b>Respostas</b>
<b>Grupo 1</b>	“CoronaVac é feita com vírus inativado, Pfizer é feita com tecnologia RNA, Já a AstraZeneca e Janssen é feita com vetor viral”.
<b>Grupo 2</b>	Pfizer, AstraZeneca, CoronaVac, Janssen, Fiocruz e Butantã.
<b>Grupo 3</b>	_____
<b>Grupo 4</b>	“CoronaVac, vírus inativado, Pfizer é uma vacina de RNA e AstraZeneca e Janssen usam outro vírus.
<b>Grupo 5</b>	“A Pfizer utiliza tecnologia de RNA mensageiro, a AstraZeneca utiliza um vírus enfraquecido que causa gripe em Chipanzés, ele é modificado e produz a proteína Spike, A Janssen é parecida com a Astrazeneca pois utiliza a tecnologia de vetor viral, e a Coronavac é feita a partir de vírus inativado”
<b>Grupo 6</b>	“CoronaVac utiliza o vírus inativado, AstraZeneca utiliza o adenovírus que infecta chipanzés, Pfizer utiliza o RNA mensageiro e a Janssen também utiliza o adenovírus”.

FONTE: O AUTOR (2022)

O grupo três não respondeu à questão, mesmo tendo a oportunidade de pesquisá-la na internet. O grupo dois apenas citou os nomes das vacinas: “Pfizer, AstraZeneca, CoronaVac, Janssen, Fiocruz e Butantã”, no entanto fez menção aos laboratórios Fiocruz e Butantã, como sendo também nome de vacinas. Os outros quatro grupos (1, 4, 5 e 6) responderam corretamente à questão, destacando as diferentes plataformas de produção de vacinas disponíveis atualmente no Brasil.

Embora a importância dos meios de comunicação para a divulgação científica seja incontestável, observa-se que as informações da mídia são geralmente superficiais do ponto de vista técnico-científico e sem compromisso com orientações educativas, dessa forma, o cidadão, para tomar decisões e, até mesmo, para compreendê-las, depende de uma base sólida de conhecimento, que pode e deve ser oferecida pela escola (JUSTINA *et al.*, 2000). Libâneo (2004) considera que a escola continua sendo o lugar de mediação cultural, cabendo aos educadores “investigar como ajudar os alunos a se constituírem como sujeitos pensantes e críticos, capazes de pensar e lidar com os conceitos, argumentar em faces de dilema e problemas da vida prática”. No entanto, a assimilação do conhecimento científico que serve como base para a discussão de temas polêmicos às vezes é trabalhada de forma insatisfatória e ineficiente (Bossolan, 2008), promovendo o desconhecimento por parte dos alunos do Ensino Médio sobre temas ligados à biotecnologia (DURBANO *et al.*, 2008). Pedrancini *et al.* (2008) ressalta que

os alunos se sentem despreparados principalmente quando há a necessidade de expor suas opiniões a respeito do tema, visto que a maneira como o ensino é administrado não está sendo suficiente para gerar a construção de conceitos. Para superarmos esses desafios precisamos de um ensino capaz de desenvolver nos alunos a capacidade de ler, escrever e opinar sobre diversos assuntos, isto é, apresentem a habilidade de contextualizar os conteúdos de Biologia no seu cotidiano social (SOUZA, 2015).

A terceira questão abordou a aceitação da vacinação por parte da sociedade. Os alunos deveriam apresentar argumentos a favor da vacinação contra a Covid-19. Os argumentos pró-vacinação apoiaram-se na contribuição histórica das vacinas no controle de doenças e na diminuição dos óbitos por covid-19 com o avanço da vacinação. Durante a discussão em grupo surgiram falas como: “se não fosse as vacinas até hoje teria gente com varíola”, “acho que nem existe mais paralisia infantil”, “hoje o número de morte por Covid é muito menor do que antes das vacinas”. Após a discussão os grupos apresentaram as seguintes respostas (Quadro 12).

**QUADRO 12 – ARGUMENTOS APRESENTADOS PELOS ALUNOS CONTRA OS MOVIMENTOS ANTIVACINAS**

<b>Grupo</b>	<b>Respostas</b>
<b>Grupo 1</b>	“Temos exemplos anteriores de pandemias que foram controladas pela vacina, e atualmente a diminuição de óbitos por Covid-19”
<b>Grupo 2</b>	“Não acredite no presidente”
<b>Grupo 3</b>	“Se uma pessoa não se vacinar, isso pode afetar seus familiares e amigos”
<b>Grupo 4</b>	“Desde criança tomamos vacinas, isso não é coisa nova”
<b>Grupo 5</b>	“A diminuição considerável no número de óbitos em todas as doenças que possuem vacinas ao longo da história”.
<b>Grupo 6</b>	“Acredito que a melhoria da divulgação científica nas mídias para incentivar a população a se vacinar, e não acreditar nas mentiras da internet”.

FONTE: O AUTOR (2022)

Os grupos demonstraram reconhecer a credibilidade das vacinas (grupo 1, 3 e 5) e de uma cultura de vacinação no país: “desde criança tomamos vacinas, isso não é coisa nova”. Além disso, os alunos mostraram perceber a existência de um movimento que visa desqualificar as vacinas e a sua importância para a humanidade, como observado pelo grupo seis: “...e não acreditar nas mentiras da internet”. Historicamente os programas de vacinação com cobertura universal ganharam credibilidade e lograram êxitos com a eliminação da varíola, a quase erradicação da poliomielite, e a diminuição da incidência de doenças tais como caxumba,

sarampo e catapora (LESSA; SCHRAMM, 2015; WALDMAN; SATO, 2016). No entanto de acordo com Véliz, Campos e Vega (2016), a vacinação pode estar em risco como resultado da desinformação dos pais e de campanhas lideradas por movimentos anti-vacinas. A politização em relação à vacinação expressa na resposta do grupo dois: “não acredite no presidente” é uma realidade e não está em desacordo com a literatura. O processo de vacinação ainda enfrenta vários obstáculos que passam desde à falta de conhecimento e de alfabetização científica da população até mesmo por questões éticas, culturais e políticas (SOARES; MARQUES, 2018). Uma pessoa alfabetizada cientificamente sente a necessidade de transformar o mundo em algo melhor e tem uma postura diferente diante do contexto em que se encontra, superando o âmbito ideológico e partindo para o campo das ações (CHASSOT, 2016). Portanto, é preciso que os professores de Ciências entendam que o ensino dessa área tem como uma de suas principais funções a “[...] formação do cidadão cientificamente alfabetizado, capaz de não só identificar o vocabulário da ciência, mas também de compreender conceitos e utilizá-los para enfrentar desafios e refletir sobre seu cotidiano” (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007, p. 19). Nessa perspectiva de mudança e superação das problemáticas encontradas na alfabetização científica dos alunos, é preciso que a escola estruture o Ensino de Ciências e Biologia

[...] de forma a aproximar o seu currículo aos avanços e descobertas científicas hoje presentes na sociedade. Isto nos instiga a oferecer um ensino contextualizado, dinâmico, desafiador e participativo que consiga aproximá-lo do cotidiano do aluno e da escola” (SOUZA, 2015, p. 15).

A quarta e última questão oportunizava aos alunos responderem novamente o problema investigativo **“como vocês desenvolveriam uma vacina para a “Doença X”?** Os alunos discutiram a questão em grupo e perceberam que ela já tinha sido respondida na primeira aula da SDI sobre vacinas, no entanto, não lembravam de suas respostas. “É a mesma pergunta da primeira aula”, “de novo essa pergunta, professor?”, “não lembro mais o que respondemos”. O professor pesquisador explicou que a pergunta foi proposta novamente para identificar os avanços em seus conhecimentos sobre o tema. Gasparin (2007) ressalta que é nesse momento que o aluno manifesta para si mesmo o quanto aprendeu, e apresenta sua nova hipótese permitindo uma comparação entre o que ele sabia no início do processo e os novos elementos que foram adquiridos pelo estudo. Após as discussões os grupos formularam as respostas apresentadas no quadro 13.

**QUADRO 13 – RESPOSTAS REELABORADAS PELOS ALUNOS PARA O PROBLEMA INVESTIGATIVO SOBRE VACINAS**

<b>Grupo</b>	<b>Respostas</b>
<b>Grupo 1</b>	“Mapeando a estrutura dos vírus e procurando meios eficazes de combatê-los, testando em animais e depois em humanos”
<b>Grupo 2</b>	“Testaria tudo que conseguisse, faria testes em humanos e animais”
<b>Grupo 3</b>	“Primeiro estudar a doença para identificar seu causador e criar uma cura a partir dele”
<b>Grupo 4</b>	“Pegaria um vírus e analisaria a produção de anticorpos”
<b>Grupo 5</b>	“Continuaríamos desenvolvendo a partir do vírus inativado, como a coronaVac, estimulando a produção de anticorpos sem causar danos ou complicações.
<b>Grupo 6</b>	“Faríamos uma vacina a partir do vírus inativado ou enfraquecido, afim de estimular a produção de anticorpos, para quando o indivíduo for infectado, o sistema imunológico já tenha as informações para combater o vírus”.

FONTE: O AUTOR (2022)

A análise das respostas nos permite concluir que os grupos um, dois, três e quatro, mesmo após o desenvolvimento da SDI, não compreenderam os mecanismos de produção das vacinas. O grupo cinco mostrou um aprofundamento no conhecimento, por meio de exemplo “continuaríamos desenvolvendo a partir do vírus inativado, como a coronaVac”, e o grupo seis, cuja resposta inicial apresentou inúmeros erros conceituais “começaria estudando os vírus para analisar sua estrutura e poder desativar, para que possa ser introduzido um anticorpo fazendo eles aprenderem a se defender do vírus em sua forma atenuada”, mostrou um grande avanço no entendimento sobre as formas de produção de vacinas, respondendo posteriormente “faríamos uma vacina a partir do vírus inativado ou enfraquecido, afim de estimular a produção de anticorpos, para quando o indivíduo for infectado, o sistema imunológico já tenha as informações para combater o vírus”. Durante a realização da pesquisa ficou evidente que embora todos os alunos participantes sejam pró-vacinas eles possuem um conhecimento muito limitado sobre a história das vacinas, suas plataformas de produção, modo de ação no nosso organismo, e conquistas alcançadas no controle das doenças por meio da vacinação. Embora seja farta a quantidade de informações sobre vacinas em revistas, jornais e internet, foi perceptível que os alunos participantes não assimilaram essa tempestade de notícias fornecida pela mídia.

Sanches e Cavalcanti (2018) afirmam que o excesso de informação e o desconhecimento de sua fonte incrementam a desinformação, gerando um desequilíbrio preocupante na sociedade atual; atingindo, principalmente, aquele indivíduo que não possui conhecimento técnico ou

mesmo educação básica necessária para discernir a respeito do que é falso e do que é verdadeiro. Diante do exposto é visível a necessidade de maior empenho de nós professores ao abordarmos esse tema, sendo necessária uma maior quantidade de aulas destinada a essa SDI, com a incrementação de vídeos sobre os métodos de produção das vacinas e momentos de discussão em classe referente as atividades desenvolvidas. Azevedo (2004) enfatiza que é necessário dialogar sobre a confirmação ou refutação das hipóteses iniciais, bem como seus desdobramentos a partir da formalização do problema inicial. Segundo Trivelato e Tonidandel (2015), a educação científica deve permitir que o cidadão analise situações cotidianas, compreenda problemas e desafios socioeconômicos e ambientais e tome decisões considerando conhecimentos técnico-científicos. Estes fatores pressupõem um ensino capaz de desenvolver nos alunos a capacidade de ler, escrever e opinar sobre diversos assuntos para que possam apresentar a habilidade de contextualizar os conteúdos de Biologia no seu cotidiano social (SOUZA, 2015).

#### 4.4 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS TEÓRICOS

A fim de analisar a potencialidade das SDI, foram aplicados dois questionários, um antes, pré-teste (APÊNDICE B) e outro após a aplicação das três sequências, pós-teste (APÊNDICE E). Além do conteúdo específico ao tema, o questionário pós-teste continha seis questões objetivas com a finalidade de verificar a percepção dos alunos sobre as metodologias didáticas utilizadas.

Na primeira questão foi solicitado que os alunos escrevessem um pequeno texto sobre Biotecnologia. As respostas dos estudantes foram agrupadas em seis categorias, C1 a C6, descritas na tabela 1.

**TABELA 1 - CATEGORIAS E FRENQUÊNCIA DE RESPOSTAS DA QUESTÃO NÚMERO UM SOBRE O QUE O ALUNO ENTENDE POR BIOTECNOLOGIA**

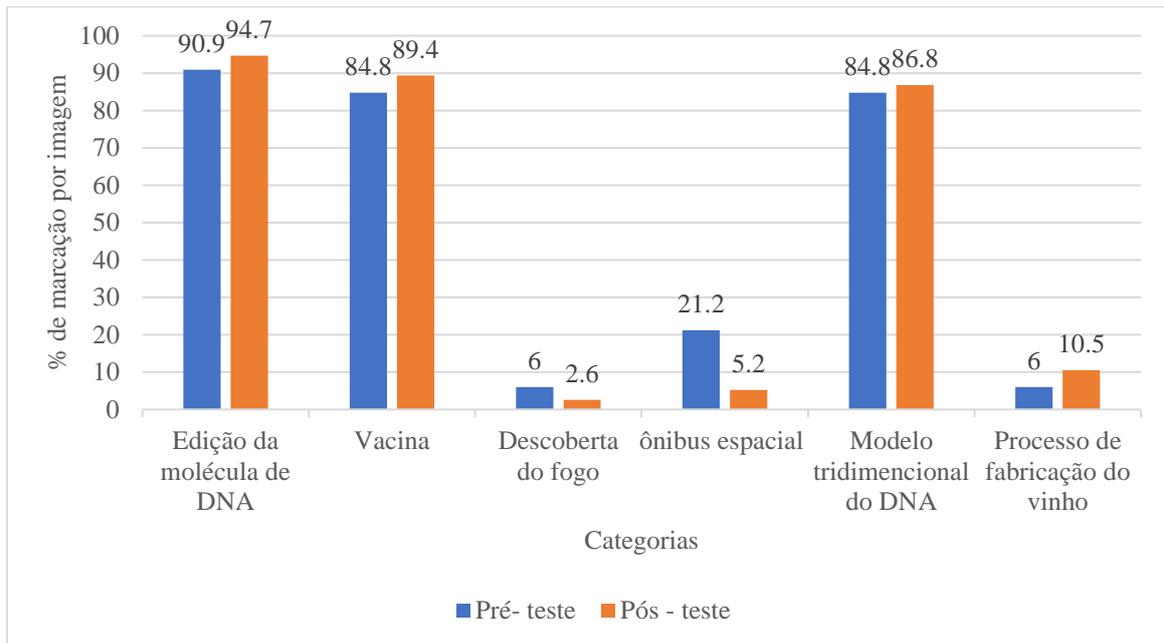
<b>Categorias</b>	<b>Pré teste N (%)</b>	<b>Pós-teste N (%)</b>
C1: Ciência que desenvolve tecnologia a partir de organismos vivos	4 (12,12)	10 (26,32)
C2: Tecnologia usada para a criação de vacinas, teste de DNA, e edição genética.	11 (33,33)	14 (36,84)
C3: Uso dos avanços tecnológicos na biologia	7 (21,21)	10 (26,32)
C4: Estuda a vida, o corpo humano, o tratamento e cura de doenças.	3 (9,10)	2 (5,26)
C 5: É o estudo da genética com o intuito de entender e corrigir falhas genéticas	5 (15,15)	2 (5,26)
C 6: Não responderam	3 (9,10)	0 (0,00)
<b>Total</b>	<b>33 (100)</b>	<b>38 (100)</b>

FONTE: O AUTOR (2022)

Para a avaliação das respostas foi usada como referência a definição da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) que definiu Biotecnologia como sendo “qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica” (CDB, 1992). Tomando essa definição como padrão, podemos concluir que a categoria C1 representou as respostas mais adequadas. A análise das respostas dessa categoria nos permite inferir que esses alunos reconhecem a participação de seres vivos na obtenção de novos produtos: “É uma aplicação tecnológica que utiliza sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados”, “Conjunto de técnicas que envolve mudanças de organismos vivos para a obtenção de produtos”. A categoria C1 apresentou um crescimento de 12,1% no pré-teste para 26,3% no pós-teste, indicando que mais alunos reconheceram a participação dos seres vivos na obtenção de serviços e produtos biotecnológicos. Na categoria C2 as respostas demonstraram o aspecto utilitarista da Biotecnologia dando ênfase às tecnologias desenvolvidas ao longo dos tempos: “Biotecnologia tem como foco pesquisar vacinas, DNA, genoma, etc”, “Estuda a criação de vacinas, a edição genética e doenças”. Embora estas respostas estejam mais distantes da definição de Biotecnologia da CDB e não mencionem a participação de seres vivos nos processos, elas enfatizam a fabricação de produtos ou processos para utilização específica, aspecto explicitamente contemplado na definição da referida convenção. Essa categoria apresentou um pequeno crescimento, passando de 33,3% no pré-teste para 36,8% no pós-teste, o que pode estar associado à internalização dos temas trabalhados nas SDI sobre genoma, edição genética e vacinas. Na categoria C3 as respostas mostraram uma ênfase nos avanços tecnológicos em detrimento da participação de seres vivos nos processos biotecnológicos, como podemos observar em algumas respostas dos alunos: “São as novas tecnologias que contribuem para o avanço da ciência”, “É o uso da tecnologia em favor da ciência”, “Biotecnologia para mim é o estudo avançado da biologia, misturando ciência e tecnologia”. Essas definições foram consideradas incorretas de acordo com a CDB-92 e com outras definições apresentadas nas literaturas. Ao contrário do esperado, essa categoria apresentou um aumento de 21,2% no pré-teste para 26,3% no pós-teste, o que pode estar associado a não compreensão por parte de alguns alunos da distinção entre tecnologia e Biotecnologia. As respostas agrupadas na categoria C4 mostraram uma definição de Biotecnologia muito semelhante ao conceito de Biologia: “É o estudo da biologia molecular, celular, morfologia, ecologia, biodiversidade, reprodução e genética”, “É o estudo das ciências biológicas a nível molecular e celular”, não sendo possível por meio dessas respostas identificar a distinção que esses alunos fazem entre esses dois termos. Na categoria C5 as respostas evocaram uma relação muito próxima entre Biotecnologia

e Genética, mostrando que para esses alunos Biotecnologia está diretamente ligada a engenharia genética: “Biotecnologia é o estudo relacionado ao nosso material genético”, “Biotecnologia é a manipulação do nosso DNA”. As categorias C4 e C5 apresentaram um decréscimo no pós-teste indicando que as SDI contribuíram para a compreensão da distinção entre Biologia, Genética e Biotecnologia. A categoria C6, que representa os alunos que não responderam à questão, diminuiu de 9% no pré-teste para 0% no pós-teste, pois todos os 38 alunos participantes responderam à questão. A comparação das respostas do pré e pós-teste nos permite inferir que a aplicação das SDI contribuiu para a melhor compreensão dos alunos participantes sobre Biotecnologia. Segundo Durbano *et al.* (2008), existe uma superficialidade e desconhecimento por parte dos alunos do Ensino Médio sobre Biotecnologia, com conceitos fragmentados ou inconsistentes. Estudos realizados por Dawson e Schibeci (2003), com alunos de ensino médio de 16 a 19 anos, mostraram que em média 40% dos estudantes não sabem definir Biotecnologia e metade deles não são capazes de dar um exemplo específico na área. Uma pesquisa realizada com estudantes do 12º ano do ensino português verificou que 75% dos estudantes acreditam que a Biotecnologia é um conjunto de aplicações tecnológicas da Biologia (FIRMINO, 2007). Pesquisa realizada por Goya (2016) mostrou que mesmo alunos das etapas finais de licenciaturas de Biologia apresentam dificuldades para definir corretamente o termo Biotecnologia.

Na segunda questão os alunos analisaram algumas imagens e indicaram quais delas estavam associadas a Biotecnologia. Conforme mostra a Figura 10, nas avaliações pré e pós-teste o índice de alunos que reconheceram edição da molécula de DNA, vacina e modelo tridimensional do DNA, diretamente associados a Biotecnologia foi superior a 84%. Na imagem do processo de fabricação do vinho o índice subiu de 6% no pré-teste para 10,5 % no pós-teste. Na imagem sobre a descoberta do fogo o índice caiu 6,0% no pré-teste, para 2,6% no pós-teste e na imagem do ônibus espacial o índice caiu de 21,2% para 5,2%.

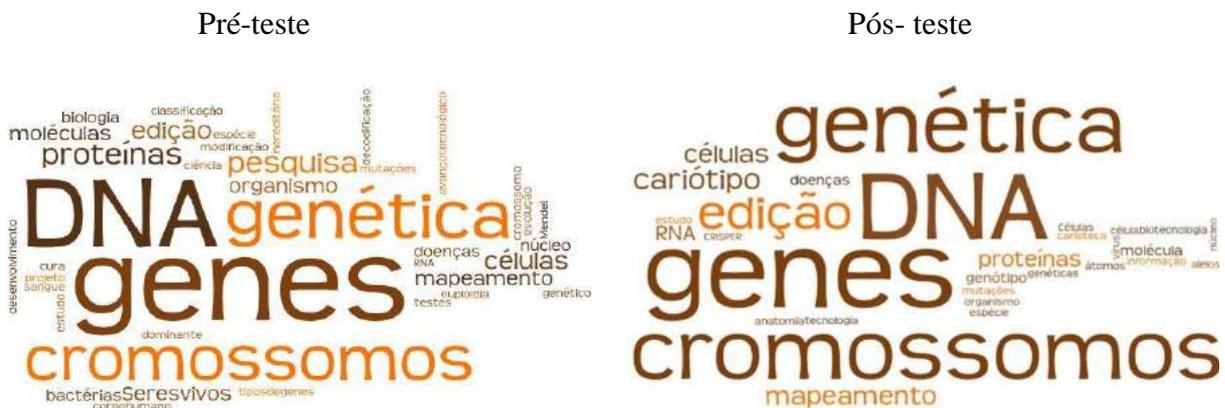
**FIGURA 10 – FREQUÊNCIA DAS IMAGENS ASSOCIADAS PELOS ALUNOS À BIOTECNOLOGIA**

FONTE: O AUTOR (2022)

Embora os dados tenham sofrido poucas alterações, a diminuição na porcentagem de alunos que associaram a imagem da descoberta do fogo e do ônibus espacial à Biotecnologia no pós-teste nos permite inferir que a aplicação das SDI contribuiu para ajudar a desconstruir a ideia de que Biotecnologia esteja relacionada a qualquer avanço tecnológico. Segundo Banet e Ayuso (2000), para o entendimento adequado sobre biotecnologias é necessário que o ensino de Biologia seja feito de forma aplicada à realidade do aluno, mostrando a ele que os produtos, aplicações, benefícios e riscos destas tecnologias permeiam a vida cotidiana das pessoas nos vários setores da sociedade contemporânea.

Na terceira questão, os alunos escreveram cinco palavras relacionadas a genoma. A nuvem de palavras mostra os resultados obtidos (Figura 11).

**FIGURA 11 – NUVENS DE PALAVRAS FORMADAS COM OS TERMOS CITADOS PELOS ALUNOS SOBRE GENOMA**

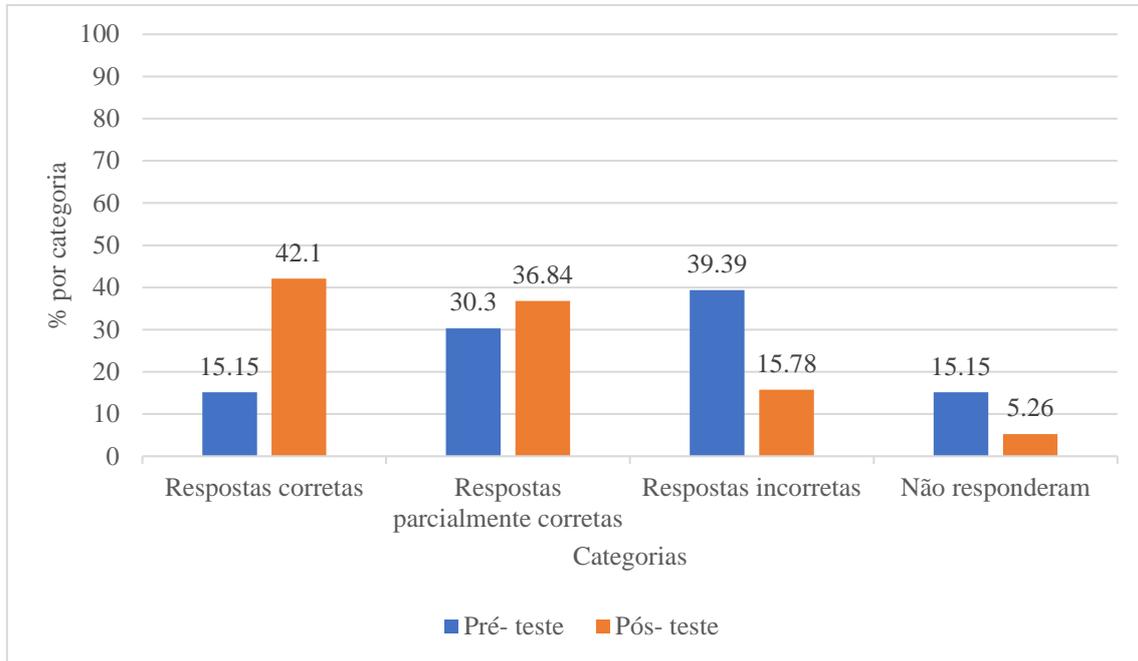


FONTE: O AUTOR (2022)

A análise dos dados mostra que mesmo antes do desenvolvimento das SDI os alunos possuíam um conhecimento prévio sobre o tema. A maioria associou genoma a DNA, cromossomos, genes. No pós-teste houve um aumento na associação entre genoma e edição genética, o que pode demonstrar que o tema edição genética foi relevante para eles. No pré-teste quatro alunos (11,7%) não responderam a essa questão, já no pós-teste, todos os alunos se sentiram confiantes para respondê-la. Moura (2013), relata que, no Brasil, o conteúdo de Genética não é muito aceito pelos alunos em função de sua complexidade. Lima, Pinton e Chaves (2007) afirmam que os conceitos de Genética são difíceis de serem trabalhados no ensino de Biologia, sendo apresentados de forma distorcida por estudantes em diferentes níveis de ensino, incluindo o ensino universitário. Para superar esses desafios, a escola precisa deixar de ser uma mera transmissora de informação, devendo transpor a aprendizagem tradicional, mecânica e de armazenamentos, para uma aprendizagem significativa, participativa e de investigação, focada no desenvolvimento das potencialidades físicas, cognitivas e afetivas dos alunos (LIBÂNEO; OLIVEIRA; TOSCHI, 2010).

A quarta questão teve como finalidade identificar a compreensão dos alunos sobre os termos cromossomos, DNA e genes. As respostas foram agrupadas em quatro categorias: respostas corretas, respostas parcialmente corretas, respostas incorretas e não responderam. As porcentagens de cada categoria estão apresentadas na figura 12.

**FIGURA 12 – FREQUÊNCIA DAS RESPOSTAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE A COMPREENSÃO DOS TERMOS CROMOSSOMOS, DNA E GENES**



FONTE: O AUTOR (2022)

O índice de respostas categorizadas como corretas teve um aumento significativo subindo de 15,5% no pré-teste para 42,1% no pós-teste. Esse aumento pode ser reflexo do uso dos modelos didáticos para a compreensão dos conceitos de cromossomos, DNA e genes. Rocha (2013) relata que a construção de modelos didáticos pelos estudantes é um excelente recurso para aprendizagem e familiarização de conceitos abstratos no ensino de Genética, facilitando o entendimento das relações entre cromossomos, DNA e genes (SILVEIRA; AMABIS, 2003). O índice das respostas categorizadas como parcialmente corretas aumentou de 30,3% no pré-teste para 36,8% no pós-teste. O índice de respostas categorizadas como incorreta teve um decréscimo de 39,3% no pré-teste para 15,7% no pós-teste e a última categoria, representando os alunos que não responderam, apresentou um decréscimo de 15,1 % no pré-teste, para 5,2 % no pós-teste. O quadro 14 exemplifica algumas respostas agrupadas nessas categorias.

**QUADRO 14 – DESCRIÇÃO DAS RESPOSTAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE CROMOSSOMOS, DNA E GENES**

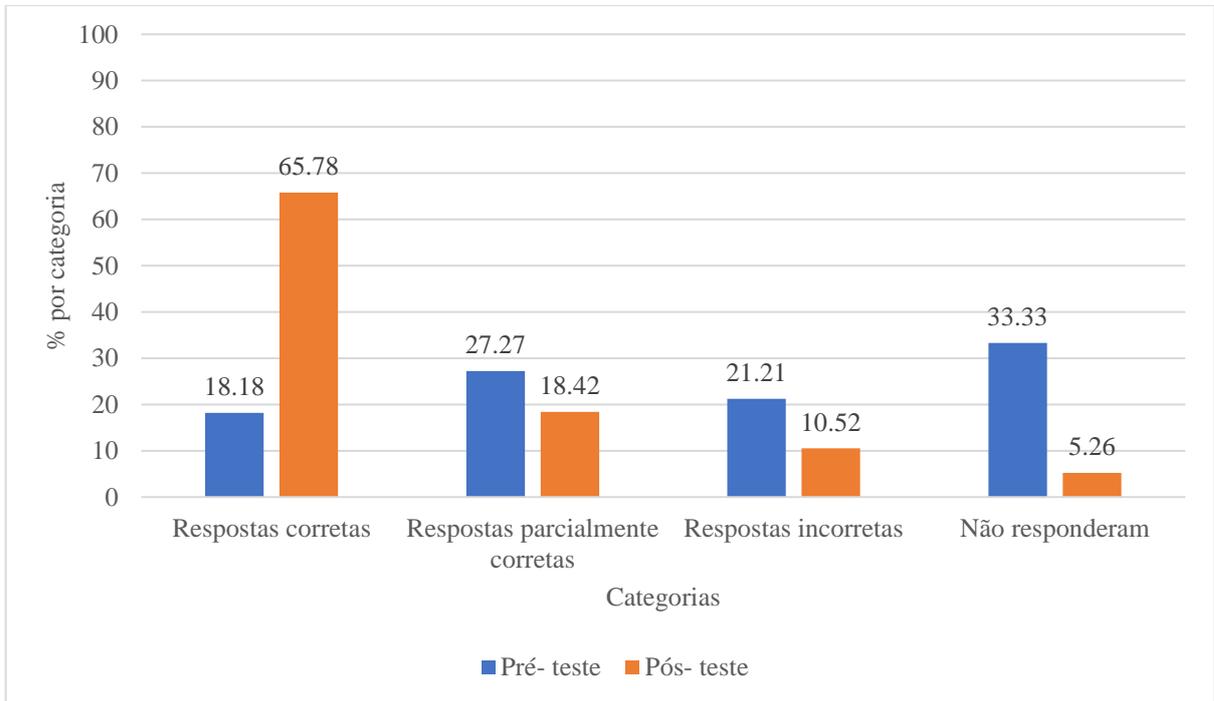
<b>Respostas consideradas corretas</b>
“Os genes são pedaços do DNA com informações, e o DNA compõe o cromossomo”,
“Os cromossomos são formados por DNA, e os genes são segmentos de DNA que contém as informações para determinadas proteínas”,
“Um cromossomo tem centenas de milhares de genes. O gene é um segmento de DNA”,
“Os genes são porções do DNA, enquanto os cromossomos são moléculas de DNA condensadas”,
“Nosso cariótipo é formado por 46 cromossomos, e no nosso conjunto de DNA encontram-se 25 mil genes responsáveis por nossas características e doenças”.
<b>Respostas consideradas parcialmente corretas</b>
“Os genes encontram-se em locais específicos do DNA conhecidos como cromossomos”
“O cromossomo é formado por uma molécula de DNA, e o gene é um conjunto de DNA”
“Os genes ficam dentro do cromossomo, e os genes são formados por DNA”.
<b>Respostas consideradas incorretas</b>
“Cada cromossomo possui uma característica que forma o nosso DNA”,
“O conjunto de cromossomos, DNA e genes presentes no núcleo da célula chama-se genoma”,
“Ambos estão presentes no sistema sanguíneo”,

FONTE: O AUTOR (2022)

Estudo realizado por Lewis (2000) mostrou que, embora a maioria dos estudantes avaliados conseguisse identificar um gene como fonte de informação genética, poucos tinham um claro entendimento de gene como uma entidade física, com um local específico no cromossomo e alguns ainda consideravam genes como sendo maiores que cromossomos. Cirne (2013) demonstra que alguns estudantes fazem conexões corretas entre DNA e cromossomos, mas 50% encontraram concepções alternativas como resposta. Numa pesquisa realizada por Silveira e Amabis (2003), os estudantes também expressaram concepções espontâneas como ideia de que as informações hereditárias estariam localizadas apenas nas células reprodutoras e no sangue, evidenciando o elo de sangue entre as gerações. Estas ideias revelam influências de antigas concepções de que a hereditariedade era transmitida pelo sangue ou das divulgações da mídia sobre os atuais testes de paternidade e exames criminalísticos baseados na análise de DNA extraído do sangue.

A quinta questão discutiu a relação entre mapeamento genético e edição genética. As respostas foram agrupadas em quatro categorias conforme descrito na Figura 13.

**FIGURA 13 – FREQUÊNCIA DAS CATEGORIAS DAS RESPOSTAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE A RELAÇÃO MAPEAMENTO GENÉTICO E EDIÇÃO GENÉTICA**



FONTE: O AUTOR (2022)

O índice das respostas categorizadas como corretas teve um aumento expressivo, subindo de 18,1% no pré-teste para 65,7% no pós-teste, enquanto o índice de respostas categorizadas como parcialmente corretas caiu de 27,2 % no pré-teste para 18,4% no pós- teste. As respostas classificadas como incorretas caíram de 21,2 % no pré-teste para 10,5 % no pós- teste. A última categoria, representando os alunos que não responderam, apresentou um decréscimo de 33,3 % no pré-teste, para 5,2 % no pós-teste. O expressivo número de respostas em branco no pré-teste, pode estar relacionado ao receio em responder quando não estão seguros da resposta, e seu decréscimo no pós-teste a um maior esforço dos alunos em responder e mostrar o conhecimento produzido com a aplicação das SDI. O quadro 15 exemplifica algumas respostas dos estudantes.

**QUADRO 15 – RESPOSTAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE A RELAÇÃO MAPEAMENTO GENÉTICO E EDIÇÃO GENÉTICA**

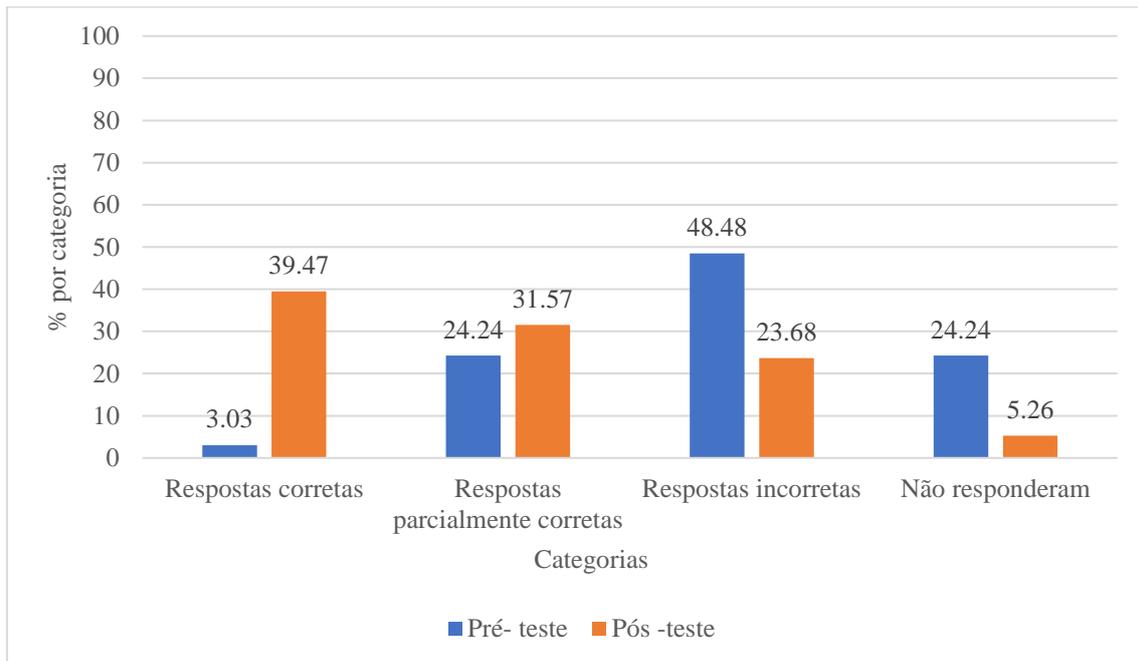
<b>Respostas consideradas corretas</b>
“O mapeamento vai analisar os nossos genes para ver se tem alguma mutação e a edição genética é para corrigi-las”
“Com o mapeamento genético nós podemos encontrar os genes ligados a doenças e corrigi-los com a edição genética”
“Mapear é saber onde estão determinados genes e editar é mexer neles”
“O mapeamento genético é necessário para a edição genética, porque sem ele seria como dar um tiro no escuro, modificando coisas que não eram para ser modificadas”,
“O mapeamento genético é a base para a edição genética, pois sem o mapeamento a edição não seria específica nem eficaz”
<b>Respostas consideradas parcialmente corretas</b>
“Os dois tem relação com o Projeto Genoma. O mapeamento é para encontrar as proteínas do nosso corpo e a edição para corrigir as mutações no DNA”,
“Com o mapeamento é possível identificar os cromossomos defeituosos e com a edição genética é possível modifica-los.
<b>Respostas consideradas incorretas</b>
“Ambos mudam algo dentro do nosso corpo, mas é quase imperceptíveis”
“Mapeamento genético é o genoma”
“Os dois estudam a fundo a estrutura genética de um ser vivo”

FONTE: O AUTOR (2022)

Esses resultados indicam um grande avanço na compreensão da relação entre mapeamento e edição genética. Bonzanini (2005) afirma que uma boa parcela dos estudantes de ensino básico, no Brasil, apresenta dificuldades em emitir opiniões esclarecidas em relação aos atuais avanços da engenharia genética, como por exemplo, a importância da terapia gênica para a medicina. Segundo Leite (2000), a população, em geral, encontra-se cientificamente despreparada para participar, de modo crítico e democrático, de debates sobre os avanços biotecnológicos. Sobre esta questão, o autor salienta que: “(...) é mínima a condição do público brasileiro participar, de maneira informada e democrática, de um debate como o dos alimentos transgênicos, ou das implicações da pesquisa genômica (...)”. Isso cria uma obrigação para todos os autores fornecerem informações compreensíveis, qualificadas e contextualizadas sobre as biotecnologias, da engenharia genética à transgenia, da genômica à eugenia (LEITE, 2000).

A questão seis trouxe a discussão dos processos de produção das vacinas contra Covid-19 liberadas para uso no Brasil. As respostas foram agrupadas nas categorias: respostas corretas, respostas parcialmente corretas, respostas incorretas e não responderam (Figura 14).

**FIGURA 14 – FREQUÊNCIA DAS CATEGORIAS DAS RESPOSTAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS REFERENTES AOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DAS VACINAS CONTRA A COVID-19 NO BRASIL**



FONTE: O AUTOR (2022)

Ao considerar as respostas do pré-teste, pode-se observar que houve um aumento nas respostas corretas e parcialmente corretas e diminuição das respostas incorretas ou estudantes que não responderam ao pós-teste. O quadro 16 exemplifica algumas respostas dos estudantes.

**QUADRO 16 – RESPOSTAS APRESENTADAS PELOS ALUNOS SOBRE OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DAS VACINAS CONTRA COVID-19**

<b>Respostas consideradas corretas</b>
“A Coronavac foi produzida por vírus inativado, a AstraZeneca e Janssen por vetor viral e a Pfizer por RNA”
“A AstraZeneca e a Janssen são produzidas a partir de vetor viral, utilizaram o adenovírus modificado. A Coronavac é produzida a partir do vírus inativado, e a Pfizer é feita a partir de RNA”
<b>Respostas consideradas parcialmente corretas</b>
“Com parte do material genético do vírus”
“Eles pegam o próprio vírus enfraquecem em laboratório e depois testam nas pessoas”,
“Eles usam os microrganismos mortos ou atenuados que estimulam a produção de anticorpos”
“São produzidas a partir do vírus inativado que vai estimular a criação de anticorpos e assim levará a imunização”
“Utilizaram o adenovírus de chipanzé modificado para transportar o gene que codifica a proteína do vírus”
<b>Respostas consideradas incorretas</b>
“Eles produzem anticorpos para combater o vírus”
“São produzidas pelos anticorpos dos vírus”
“São produzidas pelos anticorpos produzidos pelas bactérias”
“Pegam os anticorpos dos vírus e testam junto com os vírus em si”

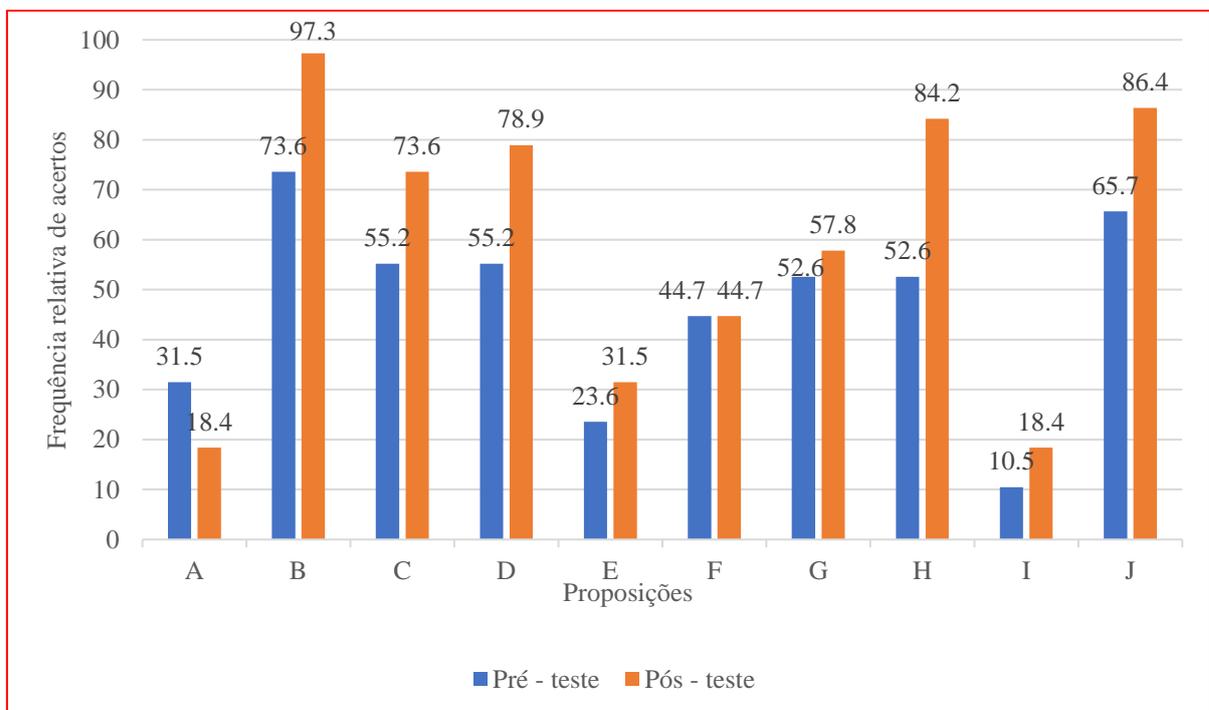
FONTE: O AUTOR (2022)

Embora exista uma cultura de vacinação em nosso país, esses resultados pressupõem que muitos alunos não compreendem os processos de produção das vacinas e sua relação com a produção de anticorpos. É notório que os termos vacinas e anticorpos fazem parte do nosso cotidiano, mas isso não significa necessariamente que os alunos compreendam seus conceitos. De acordo com Rodríguez (1995), a aquisição de um conceito científico implica em saber usá-lo em suas relações com outros conceitos, dentro de uma estrutura conceitual. Portanto, o conhecimento de um conceito científico implica a capacidade de transferi-lo para um contexto diferente. Segundo Vygotsky (1991) os conceitos científicos não se estabelecem no aluno tão logo se apropria da palavra, mas é resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. Segundo Pedrancini (2007), o ensino hoje promovido no ambiente escolar nem sempre permite que o aluno se aproprie dos conhecimentos científicos de modo a compreendê-los, questioná-los e utilizá-los como instrumento de pensamento que extrapolam situações de ensino e aprendizagem eminentemente escolares. Para Krasilchik

(2011), a formação biológica, alcançada por meio do ensino de Biologia e conseqüentemente de Biotecnologia, contribui para que cada indivíduo seja capaz de compreender e aprofundar as explicações de processos e de conceitos biológicos, entendendo a importância da ciência e da tecnologia na vida moderna. Essa formação deve contribuir para que o cidadão seja capaz de usar o que aprendeu ao tomar decisões de interesse individual e coletivo.

Na questão sete, os alunos julgaram as proposições como verdadeiras ou falsas sobre os assuntos trabalhados nas três SDI. Conforme pode ser observado na figura 15, em oito das dez questões houve uma melhora no percentual de acertos dos estudantes, entre as etapas pré e pós-teste. O crescimento mais expressivo ocorreu nas proposições B, C, D, H e J.

**FIGURA 15 – FREQUÊNCIA DE ACERTOS DA QUESTÃO VERDADEIRO OU FALSO SOBRE BIOTECNOLOGIA**



FONTE: O AUTOR (2022)

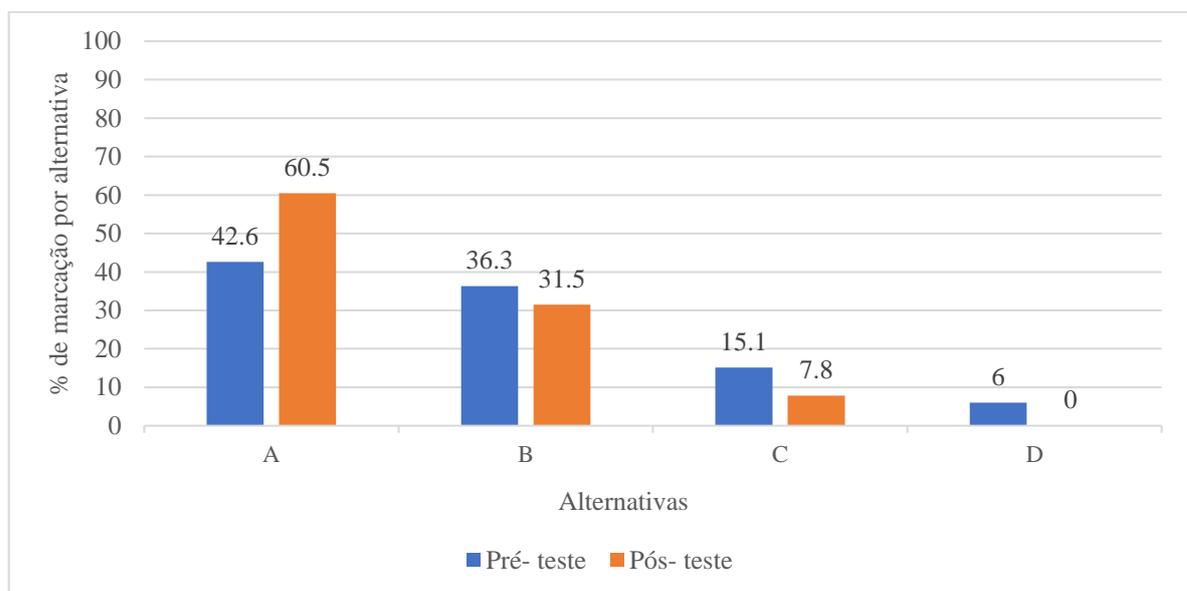
O item A “O Projeto genoma mapeou as proteínas do nosso corpo” foi o único que curiosamente apresentou um decréscimo no índice de acertos, caindo de 31,5% no pré-teste para 18,4% no pós-teste. Esse decréscimo pode estar associado a conexões feitas durante a aplicação da SDI entre genes e proteína, o que pode ter levado os alunos a entenderem que mapear os genes, ou mapear as proteínas relacionados a eles seria a mesma coisa, o que embora incorreto, tem relação direta. No item B “O Projeto Genoma abriu caminho para grandes inovações na ciência, como por exemplo a edição genética”, houve um crescimento de 73,6% no pré-teste para 97,3% no pós-teste, o que pode ser reflexo de uma maior apropriação do

conhecimento sobre genoma e edição genética, além de maior capacidade de correlacionar esses temas. No item C “O conjunto dos cromossomos presente no núcleo celular chama-se genoma” o índice de acerto subiu de 55,2% para 73,6%, enquanto no item D, “O conjunto dos cromossomos presente no núcleo celular chama-se cariótipo”, ocorreu um aumento ainda mais expressivo, subindo de 55,2% para 78,9%. A melhora nos índices de acertos das proposições C e D pode estar relacionada a melhor compreensão por parte dos alunos dos termos DNA, cromossomos e cariótipo. A proposição H “A imunidade de rebanho deve ser adquirida preferencialmente por meio da vacinação, e não pela transmissão direta da doença”, apresentou um crescimento no índice de acerto de 52,6% para 84,2 %, destacando que os estudantes entendem a importância das vacinas no controle, eliminação e erradicação das doenças. Na proposição J “O movimento antivacinação atrapalha o controle de doenças infectocontagiosas, uma vez que as pessoas não vacinadas contribuem para a circulação dos microrganismos patogênicos”, o índice de acerto subiu de 65,7 % para 86,4%, o que indica uma maior percepção dos alunos em relação aos movimentos antivacinas e o risco que eles representam para a sociedade. O crescimento dos itens H e J indicam que a SDI contribuiu tanto para a aquisição de saberes, como de uma visão mais ampla e crítica sobre o tema vacinas. Saber significa ser capaz de utilizar o que se aprendeu, mobilizá-lo para resolver um problema ou aclarar uma situação (GIORDAN e VECCHI, 1996). Para ser possuidor de pensamento crítico em relação às ciências e ao mundo, o indivíduo deverá ser alfabetizado cientificamente. A alfabetização científica pode ser compreendida como uma correlação dos fenômenos naturais e cotidianos dos indivíduos, com seu conhecimento científico, buscando, a partir deste, ler o mundo em que vivem, sendo fundamental que seja realizada no Ensino Fundamental e Médio (CHASSOT, 2016), pois a partir daí, os indivíduos poderão se desenvolver com um olhar mais crítico sobre as relações sociais, percebendo a ciência como parte integrante de sua cultura (SASSERON; CARVALHO, 2011). As proposições E e G apresentaram um crescimento menos expressivo. No item E “A Edição Genética tem como objetivo corrigir as mutações no organismo por meio da substituição dos cromossomos defeituosos”, o índice de acerto foi de apenas 23,6 % no pré-teste e subiu apenas para 31,5 %, no pós-teste, mesmo após as SDI sobre genoma e edição genética terem sido trabalhada com os alunos. O baixo índice de acerto nessa questão pode estar relacionado à dificuldade de compreenderem a relação entre cromossomos, DNA e genes. Krasilchik (2004) relata a dificuldade dos alunos em compreender os conteúdos relacionados ao DNA sendo considerados abstratos e complexos, construindo um entendimento superficial e insuficiente. A proposição G “A CRISPR/Cas9 é conhecida como a “tesoura genética”, devido à sua baixa especificidade e capacidade de cortar o DNA em pontos

“aleatórios” também apresentou um crescimento menos expressivo, subindo de 52,6 % para 57,8% no pós- teste. O baixo crescimento pode estar relacionado ao uso de termos mais complexos da língua portuguesa como “baixa especificidade” e “pontos aleatórios” que podem não ter sido compreendido corretamente por parte dos participantes da pesquisa. Sardà e Sanmartí (2000) citam que, muitas vezes, é difícil precisar se as dificuldades apresentadas pelos alunos se devem à falta de compreensão dos conceitos ou à falta de um domínio linguístico. A proposição I “As vacinas contém anticorpos que auxiliam o organismo a combater os agentes invasores” apresentou o menor índice de acerto no pré-teste 10,5%, e mesmo que proporcionalmente tenha avançado no pós-teste, subindo para 18,4 % é perceptível que os alunos, mesmo após a aplicação da SDI sobre vacinas, mantiveram o entendimento incorreto de que as vacinas já contém anticorpos. De acordo com Tortora, Funke e Case (2017), uma vacina é uma suspensão de organismos, ou são frações de organismos, sendo usada para induzir produção de anticorpos. A proposição F “A descoberta da CRISPR-Cas 9 teve início quando identificaram uma região no genoma da bactéria *Escherichia coli* com função desconhecida”, apresentou o mesmo índice de acerto no pré e pós- teste (44,7%) indicando que esse aspecto precisa ser melhor trabalhado.

A oitava questão abordou a relação mapeamento genético e cura de doenças associadas a mutações genéticas. Conforme mostra a Figura 16, após o desenvolvimento das SDI observou-se um aumento de 42,6% para 60,5 % na porcentagem de acertos (proposição A).

**FIGURA 16 - FREQUÊNCIA RELATIVA DE MARCAÇÃO POR PROPOSIÇÃO DA QUESTÃO OITO SOBRE MAPEAMENTO GENÉTICO**

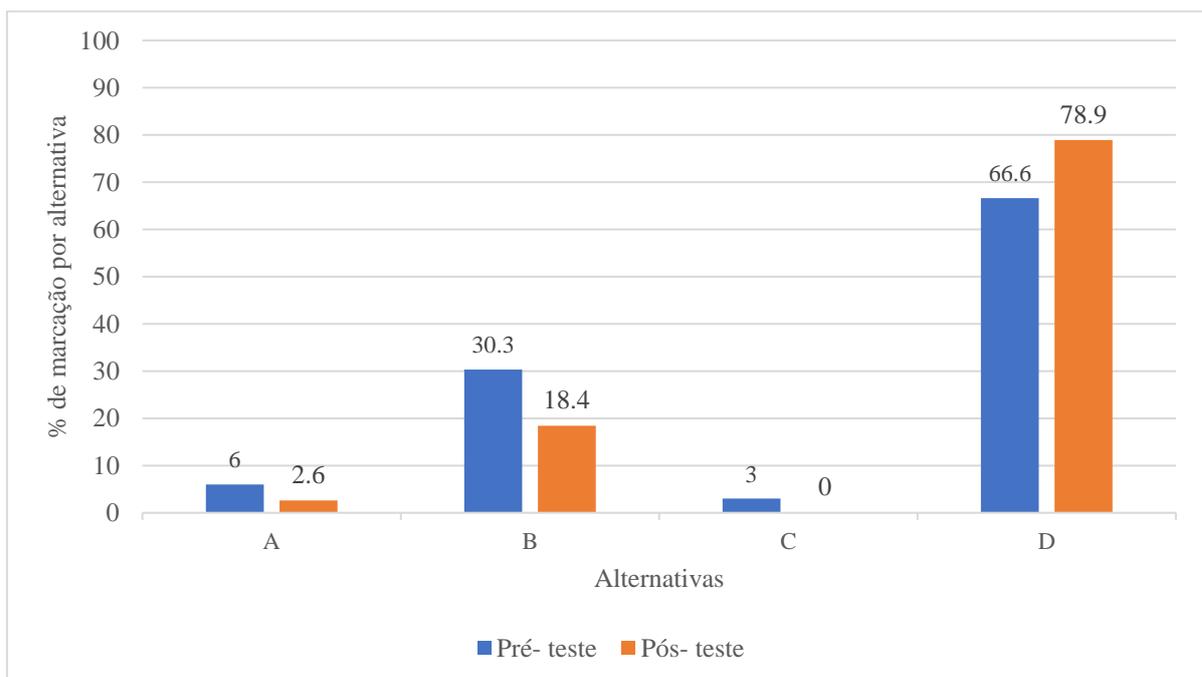


FONTE: O AUTOR (2022)

Esse aumento pode ser reflexo de uma melhor apropriação do conhecimento científico sobre genoma e edição genética e uma maior compreensão da relação entre cromossomos, genes e doenças genéticas. Embora o índice de acertos tenha aumentado de forma expressiva, 31,5 % dos alunos ainda associam equivocadamente mutações genéticas, como Parkinson e Alzheimer a alterações cromossômicas. Segundo Silva, Zingaretti e Lisoni (2018), os alunos possuem uma percepção inadequada quando se fala em conteúdos relacionados ao projeto genoma.

A nona questão abordou os aspectos éticos relacionados a edição genética. O índice de acertos foi de 66,6% no pré-teste, indicando que os alunos já traziam uma preocupação com os aspectos éticos relacionados a esse tema. No pós-teste o índice de acerto subiu para 78,9% (proposição D), mostrando que mais alunos compreenderam a importância da discussão sobre as implicações sociais das técnicas de melhoramento humano. A porcentagem de alunos que consideram um dilema ético o uso da edição genética no tratamento de doenças (proposição B) caiu de 30,3 % para 18,4%, o que indica que a SDI contribuiu para a aceitação por parte alguns alunos desses avanços biotecnológicos na área da saúde.

**FIGURA 17 - FREQUÊNCIA RELATIVA DE MARCAÇÃO POR PROPOSIÇÃO DA QUESTÃO NOVE SOBRE EDIÇÃO GENÉTICA**

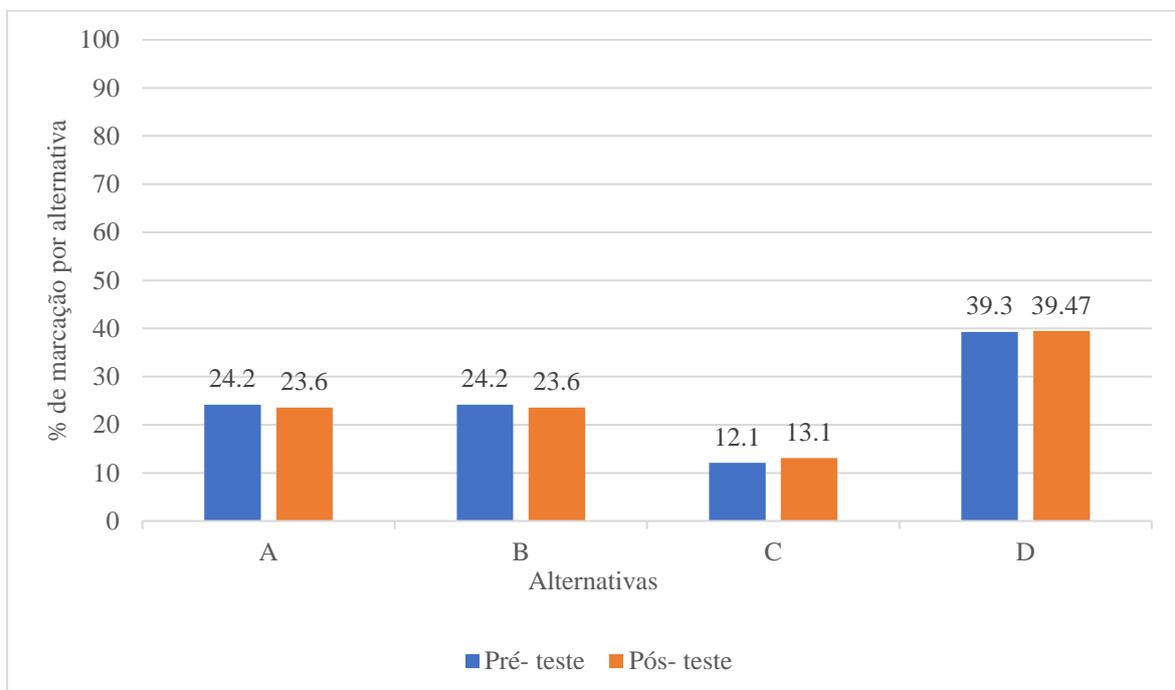


FONTE: O AUTOR (2022)

A Ciência e a Tecnologia têm grande influência na vida das pessoas hoje em dia, e parte-se do princípio que todo cidadão tem o direito de obter conhecimentos mínimos para que ele possa tomar decisões de forma crítica sobre o papel da Ciência e da Tecnologia na Sociedade contemporânea (BEDIN; DELIZOICOV, 2012). Segundo Ayuso e Banet (2002), apesar das técnicas de engenharia genética se fazerem presentes em vários setores importantes da sociedade contemporânea e causarem profundas transformações econômicas, sociais e culturais no cotidiano da população em geral, parte desses indivíduos não possui informações adequadas sobre esse assunto de modo a compreendê-lo, indagá-lo, recusá-lo e utilizá-lo como instrumento do pensamento crítico que deveria, em grande parte, ser desenvolvido na escola durante a educação básica e de forma transversal.

A décima questão abordou a contribuição do experimento de Edward Jenner (1746-1823) para a descoberta da primeira vacina. Os alunos deveriam relacionar vacinas a prevenção, no entanto, muitos as associaram a tratamento ou até mesmo a cura de doenças.

**FIGURA 18 - FREQUÊNCIA RELATIVA DE MARCAÇÃO POR PROPOSIÇÃO DA QUESTÃO DEZ SOBRE VACINAS**



FONTE: O AUTOR (2022)

A proposição correta sobre a contribuição do experimento de Edward Jenner para a saúde humana é: “prevenção de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo” (Alternativa

D). Uma análise detalhada dos resultados nos permite inferir que os termos prevenção, tratamento e cura foram igualmente associados a vacinas pelos alunos. Uma questão a ser melhor compreendida é se os alunos reconhecem esses termos como sinônimo ou se realmente não conhecem a forma de ação das vacinas em nosso organismo. Segundo Paula (2007), é pouco compreendida a relação existente entre compreensão de conceitos científicos e habilidades de leitura e escrita dos alunos.

#### 4.5 PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES QUANTO ÀS METODOLOGIAS UTILIZADAS NAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS

Além do questionário teórico, utilizado para a coleta de dados referentes ao conteúdo específico de Biotecnologia, o pós-teste apresentou seis questões fechadas para avaliação das SDI como recurso didático. Esses resultados estão apresentados no quadro a seguir.

**QUADRO 17 – FREQUÊNCIA DAS RESPOSTAS SOBRE A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS QUANTO AS METODOLOGIAS UTILIZADAS NAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS**

Perguntas do questionário	Alternativas	Nº (%) estudantes
<b>11- O uso dessa sequência didática investigativa sobre Genoma contribuiu para a sua aprendizagem sobre o tema estudado?</b>	a) Não, pois eu já dominava completamente o assunto abordado.	0 (0,0%)
	b) Não, pois eu continuo sem compreender o assunto abordado.	0 (0,0%)
	c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados	19 (50%)
	d) Bastante, pois me permitiu uma boa compreensão sobre o Genoma.	19 (50%)
<b>12- O uso dos modelos didáticos contribui para a sua aprendizagem sobre o tema estudado?</b>	a) Não, pois não considero o uso de modelos didáticos uma forma eficiente de aprendizagem.	0 (0,0%)
	b) Não, pois torna a aula muito demorada e pouco proveitosa.	0 (0,0%)
	c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados	9 (23,6%)
	d) Bastante, pois me permitiu uma melhor visualização e entendimento dos conceitos estudados.	29 (76,3%)
<b>13- O uso do Júri simulado contribuiu para a sua aprendizagem sobre o tema estudado:</b>	a) Não, pois não considero debates uma forma eficiente de aprendizagem.	1 (2,6%)
	b) Não, pois torna a aula muito demorada e pouco proveitosa.	0 (0%)
	c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados.	8 (21,0%)

	d) Bastante, pois me permitiu uma melhor compreensão e aprofundamento sobre o assunto abordado.	29 (76,3%)
<b>14 - As atividades apresentadas na sequência didática investigativa contribuíram para uma maior motivação em aprender os temas referentes a Edição Genética:</b>	a) Não, pois não me despertaram grande interesse.	0 (0,0%)
	b) Muito pouco, pois não achei as atividades interessantes.	0 (0,0%)
	c) Sim, embora tenha achado as atividades pouco interessantes.	7 (18,4%)
	d) Bastante, principalmente por ter achado as atividades bem interessantes.	31(81,5%)
<b>15 - O uso da sequência didática investigativa sobre vacinas contribuiu para a sua aprendizagem sobre o tema estudado:</b>	a) Não, pois eu já dominava completamente o assunto abordado.	1(2,6%)
	b) Não, pois eu continuo sem compreender o assunto abordado.	0 (0,0%)
	c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados.	13 (34,2%)
	d) Bastante, pois me permitiu uma boa compreensão sobre o tema abordado.	24 (63,1%)
<b>16 - As atividades apresentadas nas sequências didáticas investigativas contribuíram para uma maior motivação em aprender os temas referentes a vacinas:</b>	a) Não, pois não me despertaram grande interesse.	0 (0,0%)
	b) Muito pouco, pois não achei as atividades interessantes.	2 (5,2%)
	c) Sim, embora tenha achado as atividades pouco interessantes.	5 (13,1%)
	d) Bastante, principalmente por ter achado as atividades bem interessantes.	31 (81,5%)

FONTE: O AUTOR (2022)

A décima primeira questão avaliou a contribuição da SDI sobre genoma na aprendizagem dos alunos. Para 50% dos alunos essa SDI contribuiu um pouco, pois eles compreenderam parcialmente os assuntos abordados, para os outros 50% a SDI contribuiu bastante, colaborando para uma boa compreensão sobre genoma. A compreensão de conceitos básicos como célula, divisão celular, cromossomo, DNA, gene, e fluxo da informação genética, são essenciais ao entendimento das biotecnologias (JUSTINA, 2001). Krasilchik (2004) relata que devido à grande complexidade e abstração, os alunos têm dificuldade em compreender os conteúdos relacionados ao DNA construindo um entendimento superficial e insuficiente. De acordo com Lorenzetti (2000), para se posicionar diante dos questionamentos fornecidos pelos avanços científicos e tecnológicos da Genética, os cidadãos dependem de uma base de

conhecimento que deve ser fornecida na escola. A capacidade de entender tais debates é hoje tão importante quanto o saber ler e escrever.

A décima segunda questão buscou identificar a percepção dos alunos sobre a contribuição do uso dos modelos didáticos em seus processos de aprendizagem. Para 23,6% o uso dos modelos didáticos contribuiu um pouco, pois compreenderam parcialmente os assuntos abordados, enquanto 73,6% responderam ter contribuído bastante, favorecendo uma melhor visualização e entendimento dos conceitos estudados. Os modelos didáticos são ferramentas eficazes para auxiliar os estudantes a visualizar processos que ocorrem em nível celular, o que permite explicações em aspectos tridimensionais para as estruturas estudadas além de tornar os conteúdos científicos palpáveis para os alunos (ASTOLFI; DEVELAY, 2012). Setúval e Bejarano (2009) argumentam que modelos didáticos provocam um dinamismo na sala de aula, promovendo uma fixação de conteúdos ao articular teoria e prática. Dessa forma, o aluno desenvolve autonomia para manusear o material produzido observando e refletindo sobre os processos representados. Por isso, na medida em que estão sendo aplicados ocorre o aumento da capacidade dos alunos em assimilar e raciocinar sobre o evento biológico (ORLANDO *et al.*, 2009).

A décima terceira questão buscou identificar a contribuição do Júri simulado na aprendizagem sobre edição genética. Apenas um aluno (2,6%) não considerou debates uma forma eficiente de aprendizagem, 21% consideraram um pouco eficiente e 76,3% consideraram que contribuiu bastante, permitindo uma melhor compreensão e aprofundamento sobre o assunto abordado. Pliessnig e Kovaliczn (2008) reiteram que a utilização de metodologias diferenciadas torna o ensino mais interessante para o aluno, motivando-o a participar como protagonista e autor de seu próprio aprendizado. Se desejamos que os estudantes sejam proativos é necessário utilizarmos metodologias que os estimulem a tomar decisões e avaliar os resultados, com o suporte pedagógico necessários (MORAN, 2015).

A décima quarta questão aferiu o potencial da SDI em motivar os alunos a aprenderem sobre edição genética, 18,4% marcaram “Sim, embora tenha achado as atividades pouco interessantes”, enquanto 81,5% marcaram “Bastante, principalmente por ter achado as atividades bem interessantes”. Segundo Carabetta (2010) a superficialidade em temas da atualidade faz com que o ensino de Biologia possua caráter pouco motivador e nada desafiador para os educandos, onde a prática docente se torna desvinculada da realidade. Trivelato (1995) descreve que para os alunos do ensino básico, de modo geral, as Ciências, como a Biologia, são vistas de forma neutra, objetiva e como uma verdade absoluta, onde não existem divergências

e disputas e estão quase sempre associadas à ideia de progresso e de melhoria da qualidade de vida fazendo com que se tornem incontestáveis.

A décima quinta questão avaliou a contribuição da SDI sobre vacina na aprendizagem sobre o tema. Um aluno (2,6%) marcou a proposição A: “não, pois eu já dominava completamente o assunto abordado”, 34,2% marcaram “um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados” e 63,1% consideraram que a SDI contribuiu bastante para uma boa compreensão do tema abordado. Chassot (2016) destaca que conhecer um pouco mais criticamente a história da construção dos conhecimentos é um facilitador da alfabetização científica, e deve ser considerado em todas as práticas docentes que objetivem trabalhar com essa perspectiva de formação cidadã e científica em sala de aula.

A décima sexta e última questão abordou a contribuição das SDI na motivação em aprender temas relacionados a vacinas. Dois alunos (5,2%) marcaram “muito pouco, pois não achei as atividades interessantes”, 13,1% marcaram “sim, embora tenham achado as atividades pouco interessantes, e 81,5% marcaram “bastante, principalmente por ter achado as atividades bem interessantes. Amaral, Mendes e Porto (2018) ressaltam que a utilização de metodologias diferenciadas fundamentais na promoção de um processo de aprendizado mais interativo, uma vez que permitem a problematização dos mais diversos temas e promove debates que envolvem situações do conteúdo científico com questões vivenciadas no dia a dia. Coelho e Viana (2011) afirmam que é importante o professor utilizar ferramentas alternativas de ensino, pois estas podem possibilitar maior êxito no processo de ensino-aprendizagem. Moran (2018) explica que a diversidade de técnicas para uma aprendizagem ativa se bem balanceada e adequada entre o individual e coletivo pode ser proficiente, cada tipo de abordagem tem sua importância, como problemas, projetos, jogos, narrativas, entretanto não deve ser superestimada sozinha. É fundamental percebermos que ensinar não é somente transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção (FREIRE, 2013).

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

O produto construído nesse trabalho de conclusão de mestrado foram três SDI produzidas durante a pesquisa e que servirão subsídios aos professores que desejarem trabalhar o tema Biotecnologia por meio da abordagem investigativa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento dessa pesquisa permitiu elaborar e validar três sequências didáticas investigativas sobre Biotecnologia para estudantes do Ensino Médio. Foi possível identificar o conhecimento prévio dos alunos, acompanhar o envolvimento com as atividades e avaliar o avanço na aprendizagem dos participantes. Identificamos que embora temas referentes à Biotecnologia sejam noticiados com grande frequência na mídia os estudantes demonstraram um conhecimento prévio extremamente superficial sobre Genoma, Edição Genética e Vacinas, todavia resultados dos questionário pós-teste indicaram uma grande melhoria na compreensão sobre esses temas o que, juntamente com os demais resultados coletados, validam a eficácia do material didático produzido. É necessário que temas relacionados à Biotecnologia sejam mais abordados nas aulas de Biologia, e que utilizemos novas estratégias de ensino. Aulas expositivas, demasiadamente centradas no professor, não contribuem para que os estudantes sejam os atores do seu aprendizado, pois não consideram as concepções prévias, não possibilitam as interações entre sujeito e objeto de conhecimento, nem a interação entre os pares (ESCARPA, 2018). Durante a pesquisa ficou evidente que o uso da abordagem investigativa estimulou o envolvimento e participação dos estudantes contribuindo para a compreensão da relação ciência, tecnologia e sociedade. Como relatado por Germano (2007, p. 21), a ciência e a tecnologia, como qualquer outra produção cultural, é patrimônio da humanidade, seus prejuízos sempre serão divididos igualmente com todos, mas os benefícios estão restritos a apenas alguns. O conhecimento científico é a forma mais eficaz de poder que conseguimos inventar. Não é justo, nem seguro que fique aos cuidados de algumas poucas nações ou indivíduos.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Alessandra Meireles, MENDES, Ana Nery Furlan, PORTO, Paulo Sérgio da Silva. Jogo roletando como metodologia alternativa no ensino de química. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 225-240, 2018. Disponível em: <[https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID468/v13\\_n1\\_a2018.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID468/v13_n1_a2018.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2021.

ARAÚJO, Telma Maria Evangelista; SÁ, Laís Carvalho; SILVA, Andréia Alves de Sena; COSTA, Jéssica Pereira. Cobertura vacinal e fatores relacionados à vacinação dos adolescentes residentes na área norte de Teresina/PI. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 12, n. 3, p. 503, 2010. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/fen/article/view/6934>>. Acesso em: 7 ago. 2021.

ARAÚJO, L. F. S. DE; DOLINA, J. V.; PETEAN, E.; MUSQUIM, C. DOS A.; BELLATO, R. LUCIETTO, G. C. Diário de pesquisa e suas potencialidades na pesquisa qualitativa em saúde. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, v.15, n.3 p. 53 – 61, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/rbps/article/view/6326>>. Acesso em: 7 set. 2021.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. Magda Sento Sé Fonseca [tradução]. 16 ed. Campinas/SP: Papyrus, 2012.

AYUSO, G. & BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de la Ciências**, 2002, v. 20, n. 1, p. 133-157. Disponível em: <<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21790>>. Acesso em: 23 set. 2021.

BALLALAI, Isabella; MONTEIRO, Denise Leite Maia; MIGOWSKI, Edimilson. Vacinação na adolescência. **Adolesc Saúde**, v. 4, n. 1, p. 50-56, 2007. Disponível em: <[https://extensao.cecierj.edu.br/material\\_didatico/sau2202/pdf/aula08\\_leitura03\\_Vacinacao.pdf](https://extensao.cecierj.edu.br/material_didatico/sau2202/pdf/aula08_leitura03_Vacinacao.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2021.

BAPTISTA, Geilsa Costa Santos. A Importância da Reflexão Sobre a Prática de Ensino para a Formação Docente Inicial em Ciências Biológicas. **Revista Ensaio**, v. 5, n. 2, out., p. 04-12. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/10009>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2010.

BEDIN, C.; DELIZOICOV, N.C. Uma perspectiva problematizadora para o ensino de alimentos transgênicos. In: ANPED SUL, 9, 2012, Caxias do Sul. **Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**. Caxias do Sul: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação – Região Sul, 2012. Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/conferencias/listao.html>>. Acesso em: 20 jun. 2022

BONZANINI, T. K. **Avanços recentes em biologia celular e molecular, questões éticas implicadas e sua abordagem em aulas de biologia no ensino médio: um estudo de caso**. 123f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência). Faculdade de Ciências, Bauru, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90885>>. Acesso em: 08 mar. 2022.

BOREM, Aluízio; SANTOS, Fabrício Rodrigues dos. **Biociologia Simplificada**. 2.ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2004. v.1. 302 p.

BORGES, Regina Maria Rabello; LIMA, Valdeez Marina do Rosário. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, 2007. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10\\_Vol6\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10_Vol6_N1.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BOSSOLAN, N. R. S. O tema biociologia no manual do professor: leituras e atividades adicionais para a formação docente. In: PAVÃO, Antonio Carlos & FREITAS, Denise. (Org.), **Quanta ciência há no ensino de ciências**, São Carlos: EdUFSCar, 2008, 301-307.

BRITO, J. Q. A. B.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sociocientíficas com alunos de ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 9, n.3, p. 505-529, 2010. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2\\_Vol9\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2_Vol9_N3.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf)>. Acesso em 20 out. 2020.

BRUNO, A. N. (Org). **Biociologia I: princípios e métodos**. Porto Alegre: Artmed, 2014.  
BUGALLO RODRÍGUEZ, A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. **Enseñanza de las ciencias**, v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21426/93387>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CDB. 1992. **Convenção sobre Diversidade Biológica**. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_dpg/\\_arquivos/cdbport.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdbport.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2022

COELHO, Roseana Moreira de Figueiredo; VIANA, Marger da Conceição Ventura. A utilização de filmes em sala de aula: um breve estudo no Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da UFOP. **Revista da Educação Matemática**, v. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.periodicos2.ufop.br/index.php/redumat/article/view/333>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

CARABETTA, Valter Júnior. Uma investigação microgenética sobre a internalização de conceitos de biologia por alunos do ensino médio. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 5, n. 10, 2010. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/view/1619>>. Acesso em 30 abr. 2022.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. Cengage Learning, São Paulo, 2013.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de *et al.* **Ensino de Física: Coleção ideias em ação**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de biologia**. 103f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30369585.pdf>>. Acesso em 08 mar. 2022.

CERVO, Amado Luiz.; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2007.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 7. ed. Ijuí: Unijuí, 2016.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Unijuí, 2018.

CIRNE, A. D. P. **Dificuldades de aprendizagem sobre conceitos de Genética no ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós Graduação em Ensino das Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/16113>>. Acesso em: 08 mar. 2022.

CREPE, Charles Alberto. **Introduzindo a imunologia: vacinas**. Apucarana, 2009. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1816-6.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2022.

DAWSON, Vaille; SCHIBECI, Renato. Western Australian school students' understanding of biotechnology. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 1, p. 57-69, 2003. Disponível em: <<https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/western-australian-school-students-understanding-of-biotechnology-2>>. Acesso em 02 abr. 2022.

DIREITO, I. C. N.; FIGUEIRÓ, R.; ALVES, M. P.; DE OLIVEIRA, A. M. D.; DE MELLO, M. C.; COELHO, M. R. G.; DE SALLES, J. B.; VIEIRA, J. M. B. D.; DA SILVA, L. P.; DOCILE, T. N.; DE ASSIS, M. C. Conhecimento Científico em Biotecnologia de estudantes do Ensino Médio de escolas públicas na zona oeste do Rio de Janeiro/RJ. **Revista Práxis**, v. 6, n. 11, 2014. Disponível em: <<https://revistas.unifoa.edu.br/praxis/article/view/671>>. Acesso em 08 abr. 2022.

DURBANO, J. P. D. M.; PADILHA, I. Q. M.; RÊGO, T. G.; RODRIGUES, P. A. L.; ARAÚJO, D. A. M. Percepção do conhecimento dos alunos de ensino médio do município de João Pessoa-PB sobre temas emergentes em biotecnologia. In: Congresso Brasileiro de Genética, 54, 2008, Salvador. **54º Congresso Brasileiro de Genética**. Salvador: SBG, 2008, p. 4. Disponível em: <[http://web2.sbg.org.br/congress/sbg2008/resumos\\_index.asp#](http://web2.sbg.org.br/congress/sbg2008/resumos_index.asp#)>. Acesso em: 15 mar. 2021.

EDEN, Colin; HUXHAM, Chris. **Pesquisa-ação no estudo das organizações**. Handbook de Estudos Organizacionais. São Paulo: Atlas, v. 2, p. 93-117, 2001.

FERREIRA, V.F. **As tecnologias interativas no ensino**. Química Nova, v. 21, n.6, 1998.  
FIRMINO, M. N. P. **Biotecnologia – Estudo Exploratório das Percepções e Atitudes de Professores e Alunos**. 126p. Dissertação (Mestrado em Biologia para o Ensino) – Universidade do Porto, Faculdade de Ciências. 2007. Disponível em: <<https://repositorio->

aberto.up.pt/bitstream/10216/64134/2/92735\_Tese-M\_213\_TM\_01\_P.pdf>. Acesso em 28 abr. 2022.

FORATTINI, Oswaldo Paulo. Variola e erradicação? **Revista de Saúde Pública**, v. 19, p. 385-388, 1985. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsp/a/HYMWgK3pVwpFyrpLSYXgMTS/?lang=pt>>. Acesso em 03 mai. 2022.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 46. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

GALANJAUSKAS, Marcos Antonio. **Biotechnologia no ensino médio: Proposta de ensino**. 265p. Dissertação – Universidade de Mogi das Cruzes. Mogi das Cruzes, 2009. Disponível em: <<http://livrosgratis.com.br/cp124532.pdf>>. Acesso em 03 abr. 2022.

GASPARIN, J.L. **Uma didática para a pedagogia histórica-crítica**. 4. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2007.

GATTI, B. A. Estudos quantitativos em educação. **Educação e Pesquisa**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 11-30, 2004. <Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/27922>>. Acesso em: 8 ago. 2021.

GEISON, G. L. **The Private Science of Louis Pasteur**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

GERMANO, M.G.; KULESZA, W.A. Popularização da ciência: uma revisão conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 7-25, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1546>>. Acesso em 02 mai. 2022.

GIASSI, M. G.; MORAES, E. C. A contextualização no ensino de Biologia e sua importância para a compreensão do cotidiano. In: II Simpósio Internacional – **V Fórum Nacional De Educação**, 2008, Rio Grande do Sul. Anais Eletrônicos. Universidade Luterana do Brasil. Rio Grande do Sul: ULBRA, 2008. Disponível em: <[http://forum.ulbratorres.com.br/2008/mesa\\_resumo/MESA%2011B%20-%20GIASSI.pdf](http://forum.ulbratorres.com.br/2008/mesa_resumo/MESA%2011B%20-%20GIASSI.pdf)> Acesso em: 17 jan. 2022.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2 Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Química Nova na Escola, n. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001053212>>. Acesso em 08 mar. 2022.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: o jogo como elemento de cultura**. Tradução de João Paulo Monteiro. 6ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 2010.

JUSTINA, L. A. D.; LEYSER, V. R. Genética no ensino médio: temáticas que apresentam maior grau de dificuldade na atividade pedagógica. In: **Coletânea do VII Encontro “Perspectivas do ensino de Biologia”**, São Paulo: FEUSP, 2000, p. 794-795.

JUSTINA, L. A. D. **Ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade**. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em educação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81922>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

JUSTINA, L.A.D.; FERLA, M.R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arq Mudi.**, v. 10, no. 2. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/download/19993/10846/>>. Acesso em: 08 mar. 2022.

KINCHELOE, Joe. L. **A formação do professor como compromisso político: mapeando o pós-moderno**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

KRASILCHIK, M.M. **Prática de ensino de Biologia**. Ed Universidade de São Paulo. 2004.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. 2. ed. Ed.Moderna, São Paulo, 2007.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 4ª edição. São Paulo: Edusp, 2008. 197 p

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. EdUSP, 4ª ed, 2011.

LANDIM Y GOYA, Pedro Ryô de. **A temática na formação inicial de professores de biologia: o que dizem licenciados em fase de conclusão do curso**. Dissertação (mestrado) – Pós-graduação em educação para a ciência, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/142859>>. Acesso em 03 jun. 2022.

LEITE, M. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 3, p. 40–46, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/spp/a/YHZyt7tVccD4nfxVtnRyrNk/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 02 mai. 2022.

LESSA, Sérgio de Castro; SCHARMM, Fermin Roland. Proteção individual versus proteção coletiva: análise bioética do programa nacional de vacinação infantil em massa. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 1, Jan. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/VjfWZvktRQKHS3cvsWZkfpJ/?lang=pt>>. Acesso em: 03 jan. 2022.

LEWIN, Kurt. **Die lösung sozialer konflikte**. Bad Nauheim, 1953.

LEWIS, J. Genes, chromossomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? **International Journal of Science Education**, 22 (2), 2000. pp.177-195. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/095006900289949>>. Acesso em 07 jan. 2022.

LIBÂNEO, José Carlos. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davíдов. **Revista Brasileira de Educação**, 2004, n. 27, p. 5-24. Disponível em:

<[http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1413-24782004000300002&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-24782004000300002&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 08 ago. 2021.

LIBÂNEO, J. C.; OLIVEIRA, J. F.; TOSCHI, M. S. **Educação Escolar**: políticas, estrutura e organização. Coleção docência em formação. São Paulo: Cortez, 9ª edição, 2010, 544 p.

LIMA, Nelson.; MOTA, Manuel **Biotecnologia**: fundamentos e aplicações. Portugal: Lidel, 2003.

LIMA, A.C.; PINTON, M.R.G.M.; CHAVES, A.C.L. O entendimento e a imagem de três conceitos: DNA, gene e cromossomo no ensino médio. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ABRAPEC – SC**, Florianópolis, 2007. Disponível em: <[https://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/vienpec/CR2/p464.pdf](https://abrapecnet.org.br/atas_enpec/vienpec/CR2/p464.pdf)>. Acesso em 04 jun 2022.

LIMA, N. W. et al. Educação em Ciências nos Tempos de Pós-Verdade: Reflexões Metafísicas a partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 155–189, 2019. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/218005>>. Acesso em 06 mar. 2022.

LORENZETTI, L. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v3n1/1983-2117-epec-3-01-00045.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MADIGAN, Michael et al. Imunidade na Defesa do Hospedeiro e na Doença. In: MADIGAN, Michael et al. **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 30, p. 872.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia**: Fundamentos. Biblioteca Max Feffer. Rio de Janeiro, v. 8, p. 5, 2009.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**: Pesquisa qualitativa em saúde. 10ª ed. São Paulo: Hucitec, 2007.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas**. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015. Disponível em: <[https://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando\\_moran.pdf](https://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf)>. Acesso em 25 abr. 2022.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2018. p.1–25.

MOTOKANE, Marcelo Tadeu. **Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia**. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 115-137, nov. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00115.pdf>>. Acesso em 20 de abr. 2022.

MOURA, J.M.S.M.D; 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**, v. 32, no. 2.

2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article>>. Acesso em 24 mai. 2022.

ORLANDO, Tereza Cristina; et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para uma abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, n. 1, 2009. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/33>>. Acesso em 08 mai. 2022.

PAIVA, Ana Luiza Bittencourt; MARTINS, Carmen Maria De Caro. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 182-201, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/4g3tQgRKHJMMXXrkd8bxswt/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 13 mai. 2022.

PAULA, S.R. **Ensino e aprendizagem dos processos de divisão celular no ensino fundamental**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-29012008-152152/publico/Sabrina\\_Ribeiro\\_de\\_Paula.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-29012008-152152/publico/Sabrina_Ribeiro_de_Paula.pdf)>. Acesso em 03 fev. 2022.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M.J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. L. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: <[https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N2.pdf](https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf)>. Acesso em 03 mai. 2022.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; NUNES, W. M. C. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênico. **Ciência & Educação**, Bauru, 14 (1), 135-146, 2008. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/2510/251019506009.pdf>>. Acesso em 03 mar. 2022.

PLIESSNIG, Alfredo Francisco; KOVALICZN, Rosilda Aparecida. O uso de metodologias alternativas como forma de superação da abordagem pedagógica tradicional na disciplina de Biologia. **Programa de Desenvolvimento Educacional–PDE do Estado do Paraná**, p. 1-4, 2008.

PEDROSO, Enio Roberto Pietra; ROCHA, Manoel Otávio da Costa. Infecções emergentes e reemergentes. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 19, n. 2, p. 140-150, 2009. Disponível em: <<https://rmmg.org/artigo/detalhes/468>>. Acesso em 03 fev. 2022.

PINTO, Eduardo Fonseca; MATTA, Nubia Estela; CRUZ, Alda Maria. Vacinas: progressos e novos desafios para o controle de doenças imunopreveníveis. **Acta Biológica Colombiana**, v. 16, n. 3, p. 197-212, 2011. Disponível em: <[https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0120-548X2011000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-548X2011000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em 05 jun. 2022.

QUINTANS, A. P. **O que os alunos do ensino médio sabem sobre Sistema Imunitário**. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências). Departamento de Ensino de Ciências e

Biologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<https://www.decb.uerj.br/arquivos/monografias/alexandraquintans.pdf>>. Acesso em 08 abr. 2022.

ROCHA, R. **Vivenciando Audiovisuais: Metodologia para Ver e Ouvir**. Catolé do Rocha, v.1, p. 98, 2004.

ROCHA, L. S. **Estratégias metodológicas para ensinar Genética no ensino médio**. Monografia (Especialização em Educação) - Pós graduação em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em: <[https://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20821/2/MD\\_EDUMTE\\_2014\\_2\\_57.pdf](https://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20821/2/MD_EDUMTE_2014_2_57.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2022.

SANCHES, Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini; CAVALCANTI, Ana Elizabeth Lapa Wanderley. Direito à Saúde na Sociedade da Informação: A Questão das Fake News e seus Impactos na Vacinação. **Revista Jurídica**, [S.l.], v. 3, n. 52, p. 448 - 466, set. 2018. Disponível em: <<http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/view/3227>>. Acesso em: 08 ago. 2021.

SARDÀ, J.A. e Sanmartí, P.N. Enseñar a argumentar científicamente: um reto de las clases de ciencias. **Enseñanza de Las Ciencias**, 18(3), 405-422, 2000. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v18n3/02124521v18n3p405.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2022.

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, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID199/v13\\_n3\\_a2008.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf)>. Acesso em: 08 ago. 2021.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, p. 97-114, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/CyDQN97T7XBKkMtNfrXMwbC/?lang=pt>>. Acesso em 03 mar. 2022.

SASSERON, L.H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, 49-67, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 03 mai. 2022.

SCARPA, Daniela Lopes; CAMPOS, Natália Ferreira. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos avançados**, v. 32, p. 25-41, 2018.

SETÚVAL, F. A. R. & BEJARANO, N. R. R. Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de Ciências e Biologia. **Anais**. VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências / VII ENPEC, Florianópolis / SC, Novembro, 2009.

SILVEIRA, R. V. M.; AMABIS, J. M. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4., 2003, Bauru. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? Bauru: **anais**, ABRAPEC, 2003.

SILVA, R. G. da; ZINGARETTI, S. M. & LISONI, F. C. R. Percepções de alunos do ensino médio público sobre a temática biotecnologia. **Experiências no Ensino de Ciências**, v. 13, nº 1, p. 288-305, 2018. Disponível em: <[https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID473/v13\\_n1\\_a2018.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID473/v13_n1_a2018.pdf)>. Acesso em: 08 mar. 2022.

SOARES, Maria Anita Pinto; MARQUES, Clara Virgínia Vieira Carvalho Oliveira. O tema vacinas em livros didáticos de ciências naturais: uma análise sob a ótica da história das ciências. **Revista Prática Docente**, v. 3, n. 2, p. 681-699, 2018. Disponível em: <<http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br:443/periodicos/index.php/rpd/article/view/280>>. Acesso em: 8 ago. 2021.

SOUZA, Salete Eduardo de. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. in: **I Encontro de pesquisa em educação, IV Jornada de prática de ensino, XIII Semana de pedagogia da UEM: “Infância e práticas educativas”**. Maringá, PR, 2007. Disponível em: <[https://www.pec.uem.br/pec\\_uem/revistas/arqmudi/volume\\_11/suplemento\\_02/a](https://www.pec.uem.br/pec_uem/revistas/arqmudi/volume_11/suplemento_02/a)>. Acesso em: 29 jun. 2022.

SOUZA, T. T. **O Letramento Científico e Práticas dos Professores de Biologia do Ensino Médio**. 2015. 137 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas) - Centro Universitário Univates, Lajeado - RS, 2015. Disponível em: <[https://www.univates.br/ppgece/media/pdf/2016/tadeu\\_teixeira\\_de\\_souza.pdf](https://www.univates.br/ppgece/media/pdf/2016/tadeu_teixeira_de_souza.pdf)>. Acesso em 03 jun. 2022.

TEIXEIRA, Valéria Laneuville. **Caracterização do Estado da Arte em Biotecnologia Marinha no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde, 2010. 134p. Disponível em: <[http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/caracterizacao\\_estado\\_arte\\_biotecnologia\\_marinha.pdf](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/caracterizacao_estado_arte_biotecnologia_marinha.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2022.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 2009.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. Aplicações Práticas da Imunologia. In: **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. Cap. 18, p. 493

TRIBOLI, E. P. R. **Biotecnologia de Alimentos**. B. Ceppa, Curitiba, v.6, n.2, p. 95-104, jul/dez, 1988.

TRIVELATO. S. L. F. Ensino de Ciências e o Movimento CTS (Ciência /Tecnologia/ Sociedade). In: **3ª Escola de Verão para professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia**. Coletânea, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1995.

TRIVELATO, Sílvia Frateschi; TONIDANDEL, Sandra Rudella. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.17, n. especial, p. 97-114, nov. 2015. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/epec/a/VcyLdKDwhT4t6WdWJ8kV9Px/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

VÉLIZ, Liliana; CAMPOS, Cecilia; VEGA, Paula. Conocimiento y actitudes de los padres em relación a la vacunación de sus hijos. **Revista Chilena de Infectología**, v. 33, n. 1, p. 30-37, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182016000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182016000100005&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em: 02 jun. 2022.

VYGOTSKY, L. **A Formação Social da Mente: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. Ed. Martins Fontes, 1991.

YAMAZAKI, Regiani Magalhães de Oliveira. **Construção do conceito de gene por meio de jogos pedagógicos**. 2010. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Campo Grande, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/1322/1/Regiani%20Yamazaki.pdf>>. Acesso em 03 abr. 2022.

ZOMPERO, Andreia de Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. **Atividades investigativas para as aulas de ciências: um diálogo com a Teoria de Aprendizagem Significativa**. 1ªed. Curitiba: Appris, 2016.

# APÊNDICES

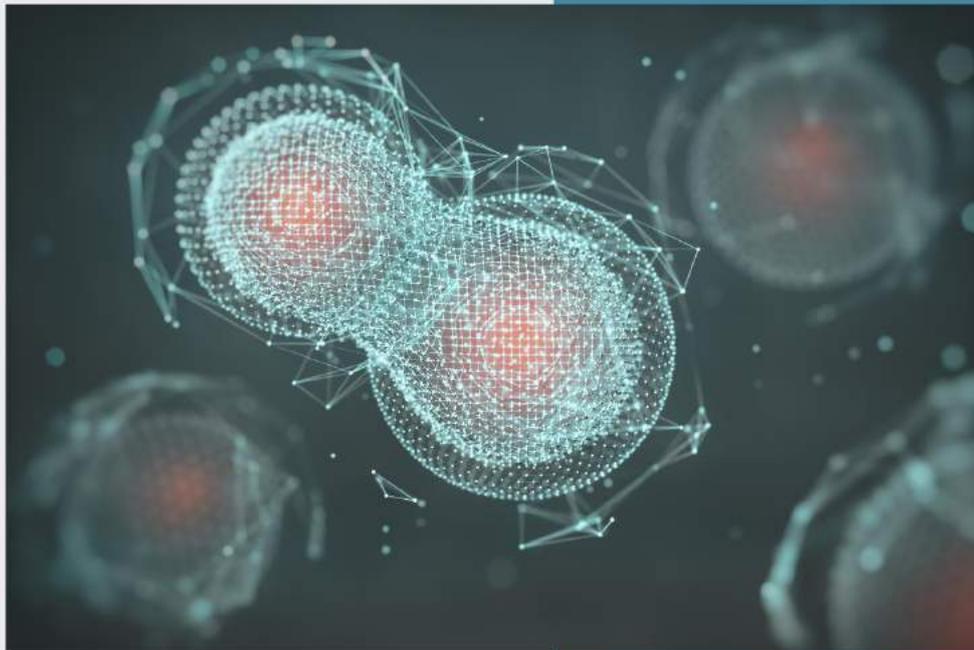
**APÊNDICE A**

**PRODUTO**  
**GUIA DO PROFESSOR**

---

# SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVA SOBRE BIOTECNOLOGIA

---



---

**SAULO N. SANTA CLARA**

**LIZIANE MARTINS**

**ANDREIA B. PASSOS LIMA GONTIJO**

**DÉBORA B. TERESA GRADELLA**

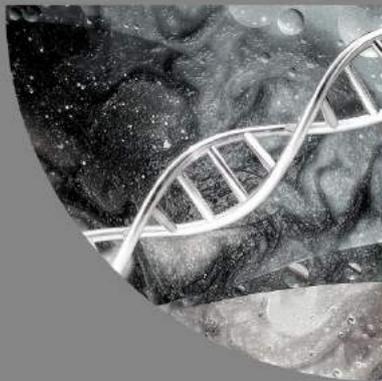
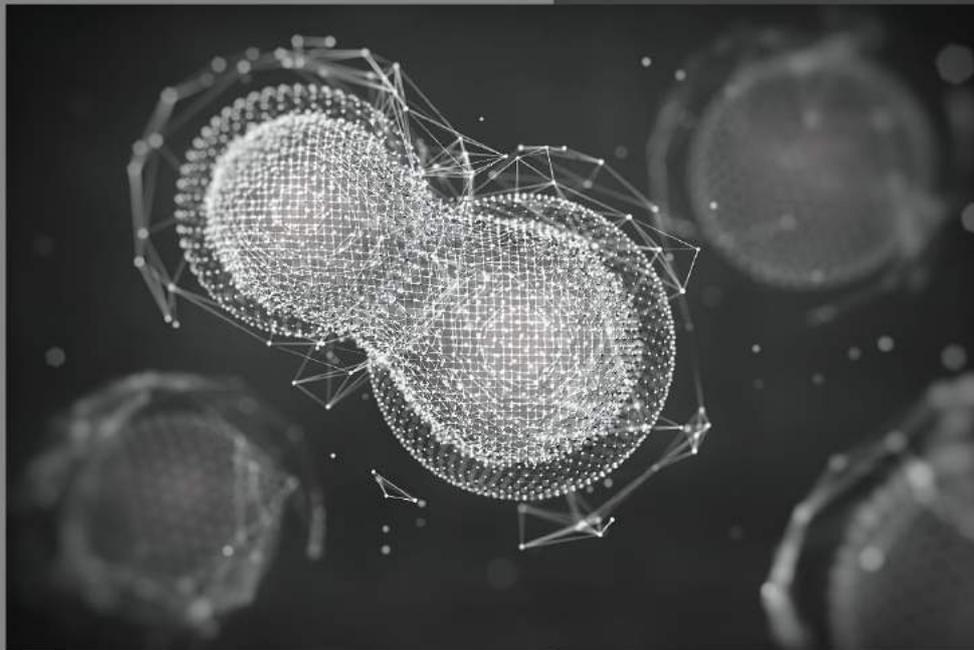
---



---

**SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS  
INVESTIGATIVA SOBRE  
BIOTECNOLOGIA**

---



---

**SAULO N. SANTA CLARA**  
**LIZIANE MARTINS**  
**ANDREIA B. PASSOS LIMA GONTIJO**  
**DÉBORA B. TERESA GRADELLA**

---



---

# ÍNDICE

---

**01**

Apresentação

**15**

Vacinas

**02**

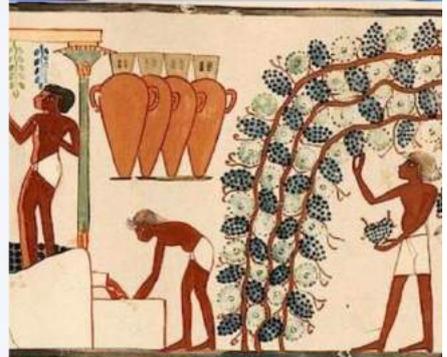
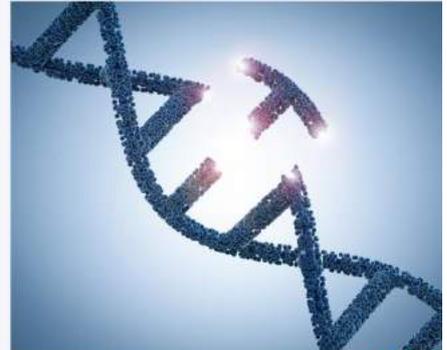
Genoma

**10**

Edição Genética

**33**

Referências  
Bibliográficas



## APRESENTAÇÃO

Colegas professores, o produto educacional aqui apresentado é fruto de minha dissertação de mestrado sobre o **"USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO METODOLOGIA DE ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO"**. O guia é composto por três sequências didáticas investigativas sobre os conteúdos: Genoma, Edição Genética e Vacinas. Mais do que servir como roteiro, o objetivo desse guia é servir de inspiração para o desenvolvimento de novas práticas pedagógicas que contribuam para a aprendizagem de Biotecnologia e para a alfabetização científica dos nossos alunos por meio de metodologias ativas e abordagem investigativa. Agradeço ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)



# ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

# GENOMA

## INTRODUÇÃO

No final do século XIX já havia o conhecimento de que o núcleo da célula estava relacionado com a hereditariedade. O primeiro trabalho sobre DNA foi publicado em 1871, mas acreditava-se que a molécula de DNA era pequena demais comparada às proteínas, mas com o avanço dos métodos de investigação, por volta de 1930 e 1940, chegou-se à constatação de que o DNA era muito maior do que o imaginado, modificando assim a ideia de que apenas as proteínas eram as moléculas prováveis para a hereditariedade (SCHEID, 2003).

De acordo com Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005) as bases nitrogenadas (Citosina, Guanina, Timina e Adenina) já haviam sido identificadas no início do século XX. Em 1949 Erwin Chargaff e seus colaboradores estudaram o DNA de seres vivos diferentes e chegaram à conclusão de que a concentração da base timina era sempre igual à de adenina e que a concentração da base citosina também era igual à da base guanina (SNUSTAD; SIMMONS, 2013). Para reconhecer o DNA como molécula hereditária era importante desvendar a sua estrutura. Watson e Crick, tomando como base os trabalhos de Chargaff, Rosalind Franklin, Peter Pauling e Maurice Wilkins conseguiram decifrar a estrutura da molécula de DNA, que foi publicada na revista Nature, de 25 de abril de 1953.

A descoberta de estrutura tridimensional do DNA foi um passo de extrema importância para deciframos o nosso genoma. O genoma pode ser entendido como o conjunto de genes que compõem um organismo (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013). Em meados de 1970, com o surgimento de tecnologias para a análise do DNA, foi possível localizar e identificar diversos genes responsáveis por proteínas humanas essenciais trazendo grandes avanços no campo da genética médica (THOMPSON; McINNES; WILLARD, 1991). Em 1990 teve início o Projeto Genoma Humano (PGH) com a finalidade de rastrear, identificar e sequenciar diversos genes importantes ao corpo humano. Foi identificado o número aproximado de 3,2 bilhões de nucleotídeos, e aproximadamente 25 mil genes presentes no genoma humano, sendo essa sequência 99,9% igual em todos os humanos. A análise também identificou algumas sequências ligadas à saúde humana, como a prevalência de disfunções no sistema cardiovascular, hormonal e celular e patologias como diabetes e câncer (THOMPSON; McINNES; WILLARD, 1991). O PGH foi uma das maiores empreitadas científicas conhecidas na história, utilizando-se de conhecimentos em diversas áreas e sendo divulgado para todos os tipos de público (GÔES; OLIVEIRA, 2014). Por isso, o século XXI é denominado "Era Pós-sequenciamento ou Era Pós-Genômica" (VILLAS-BÔAS; GOMBERT, 2006).

## OBJETIVOS

- Contribuir para a compreensão dos mecanismos relacionados à genética;
- Levar os alunos a compreenderem os conceitos básicos da genética molecular, por meio da montagem de modelos didáticos;
- Aplicar os conceitos aprendidos em uma situação problema envolvendo um tema do cotidiano;
- Desenvolver uma sequência didática que estimule a curiosidade, motivação e o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem;
- Discutir os possíveis impactos do mapeamento genético para a humanidade.

## MATERIAIS UTILIZADOS

- Livro didático de Biologia;
- Computadores, tablets ou smartphones conectados à internet;
- Material impresso para ser entregue aos grupos;
- Quadro-branco e pincel;
- Folhas de EVA;
- Linha de tricô;
- Massa de modelar;
- Bolinhas de isopor;
- Tinta guache;
- Pincel;
- Arame para artesanato;
- Miçangas;
- Palitos de dente;
- Palitos de picolé;
- Zíper.

## DESENVOLVIMENTO

Esta sequência didática está organizada para a aplicação em 6 aulas (50 minutos cada).

## AULA 1

O professor, por meio da leitura do texto a seguir e das questões propostas para discussão, promoverá a contextualização do assunto, e o envolvimento dos alunos na compreensão dos fatores associados a hereditariedade.

Tal pai, tal filho?

Um pai inteligente vai gerar um filho inteligente? Afinal: talento, comportamento e vocação estão impressos nos genes? O escritor Alexandre Dumas, de Os Três Mosqueteiros, é pai do escritor Alexandre Dumas, de A Dama das Camélias. Isso prova que o talento está nos genes? O cantor Xororó é pai de uma dupla que fez mais sucesso do que ele – Sandy e Júnior. Prova cabal de que não só a voz, mas também a empatia com o público estão gravadas no DNA? Então, como explicar que Leopold, um esforçado violinista austríaco, tenha gerado Mozart? Que mistério separou Pelé, o maior jogador da história, de seu filho Edinho, um goleiro no máximo dedicado. Afinal, talento, inteligência e mesmo comportamento passam de pai para filho? Como? Pelos genes, como a cor dos olhos e a calvície, ou pela convivência familiar? O que teria tido maior influência na formação do escritor Luís Fernando Veríssimo: o DNA ou a biblioteca do pai Érico?

Adaptado de <<https://super.abril.com.br/ciencia/tal-pai-tal-filho/>>

### Questões para discussão:

- 1) Que tipo de informações são passadas de pais para filhos?
- 2) Como essas informações são transmitidas de pais para filhos?
- 3) Onde essas informações estão gravadas?
- 4) O que é genoma?
- 5) É possível decodificar nosso genoma?

Após a discussão dessas questões em classe, os alunos devem reunir-se em grupos para responder a pergunta norteadora: **Como o nosso genoma revela quem somos nós?**

## AULA 2

### “COLOCANDO A MÃO NA MASSA”

Utilizando os materiais disponíveis, cada grupo deverá montar dois modelos didáticos relacionados ao genoma humano

Figura 1 - Materiais disponíveis para a montagem dos modelos didáticos



Figura 2: Montagem dos modelos didáticos



Figura A: Representação de uma célula



Figura B: Modelo didático do DNA

## AULA 3

### MONTAGEM DO CARIÓTIPO HUMANO

#### TEXTOS BASE:

Velocista ou maratonista? O que o gene *ACTN3* pode dizer sobre sua corrida?

<https://dnarunner.com.br/velocista-ou-maratonista-o-que-o-gene-actn3-pode-dizer-sobre-sua-corrida/>



O gene do esporte – só uma questão de bom condicionamento?

<<https://www.freeletics.com/pt/blog/posts/a-verdade-sobre-o-gene-do-esporte/#gsc.tab=0>>



O professor deverá solicitar que metade dos grupos montem o perfil genético ideal de um atleta de resistência (endurancer), e a outra metade o perfil genético ideal de um atleta de explosão (força).

O professor deverá fornecer para cada grupo o material didático necessário para a realização dessa atividade que é composto por:

- Um painel com o título genoma humano, feito de isopor e revestido de feltro;
- Cromossomos feitos de palitos de picolé e linhas de tricô;
- Gene *ACTN3*, alelos R e X, feitos em EVA;
- Gene *ECA*, alelos I e D, feitos em EVA.

Figura 3: Montagem do cariótipo



Fonte: Acervo do autor, 2021



Fonte: Acervo do autor, 2021

## AULA 4

### ESTUDO DE CASO

Nesta aula iremos simular uma possível aplicação das técnicas de mapeamento genético nos esportes. As tabelas abaixo apresentam o perfil genético de seis atletas para os genes *ACTN3* e *ECA*. O teste genético analisado consiste na amplificação de porções dos genes envolvidos e produziram diferentes fragmentos representados nas tabelas abaixo:

Representação da amplificação do gene *ACTN3*

M	C-1	1	2	3	4	5	6	Fragmento
								
								205 pb
								
								
								108 pb
								97 pb
								86 pb
								Alelos pb

O fragmento de 205 pb identifica o alelo R e os fragmentos de 108 pb e 97 pb o alelo X.

OBS: O fragmento de 86 pb está presente em todas as amplificações pois é controle da reação.

Representação da amplificação do gene *ECA*.

M	C-1	1	2	3	4	5	6	Fragmento
								
								491 pb
								
								
								190 pb
								
								Alelos pb

O fragmento 491 pb identifica o alelo I e o fragmento 190 pb o alelo D.

Analise as imagens das amplificações dos genes *ACTN3* e *ECA* e responda as questões a seguir:

- 1) Qual desses atletas tem o melhor perfil genético para provas de pequeno percurso (velocistas)? Justifique.
- 2) Qual desses atletas tem o melhor perfil genético para provas de longas distâncias (fundistas)? Justifique.
- 3) De que forma a análise genética pode beneficiar a humanidade?
- 4) De que forma a análise genética pode prejudicar a humanidade?

## AULA 5

### SOCIALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Nessa aula os alunos deverão compartilhar o conhecimento produzido durante a SDI. Cada grupo apresentará seus modelos didáticos, o cariótipo com o perfil genético ideal dos atletas e a análise das imagens de perfil genético da aula anterior. O professor poderá aproveitar a aula para dialogar sobre alguns conceitos importantes de genética como cariótipo, cromossomos simples e duplicados, síndromes cromossômicas, DNA, genes, locus gênicos e alelos.

## AULA 6

### VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Cada grupo deverá escrever um texto sobre o conteúdo estudado na sequência didática investigativa sobre genoma utilizando os termos abaixo:

DNA	CÉLULAS	CROMOSSOMOS	ALELOS
CARIÓTIPO	GENES	PROTEÍNAS	

Os alunos deverão responder novamente à pergunta norteadora:

**Como o nosso genoma revela quem somos nós?**

# EDIÇÃO GENÉTICA

## INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade o homem tem interferido na composição genética dos seres vivos. Os primeiros agricultores e criadores de animais já procuravam melhorar a qualidade de suas plantas e animais domésticos, mesmo que de forma ainda intuitiva.

Os experimentos do monge austríaco Gregor Mendel em 1860 deram início à genética como ciência. Esses experimentos com ervilhas permitiram descobrir que as características da ervilha estavam sob o controle de dois fatores distintos, mais tarde denominados de genes (BRANDÃO; FERREIRA, 2009). As grandes descobertas científicas na área da genética e da bioquímica molecular, como a descoberta da estrutura tridimensional do DNA, de enzimas de restrição e o avanço no sequenciamento de genoma foram fundamentais para o desenvolvimento das técnicas de edição de genes.

Técnicas de edição genética têm sido desenvolvidas desde a década de 1990, revolucionando a biotecnologia, no entanto as técnicas de edição genética anteriores ao CRISPR-Cas9 eram complexas e caras (SMITH et al., 2006; MAEDER et al., 2008), enquanto o sistema CRISPR-Cas9 é simples, preciso, flexível e de baixo custo, e por isso está revolucionando a edição genética (DOUDNA; CHARPENTIER, 2014).

A descoberta da CRISPR-Cas 9 teve início em 1987, quando Ishino e colaboradores, identificaram uma região no genoma da bactéria *Escherichia coli* com função desconhecida contendo uma série de regiões repetidas intercaladas por regiões não repetidas ou espaçadoras. Esta região foi chamada de CRISPR (Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespaçadas ou Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), (JASEN et al., 2002).

O desenvolvimento de técnicas de edição genética é um grande passo na história da humanidade, pois abre caminho para a modificação do genoma de qualquer ser vivo, podendo trazer diversos benefícios na área da saúde por meio de terapias gênicas, na agricultura, pecuária, etc, por outro lado abre caminho para uma nova forma de eugenia, trazendo de volta velhos dilemas éticos e morais.

A Declaração Universal de 1997 da UNESCO sobre o Genoma e os Direitos Humanos afirma que o genoma humano representa um patrimônio da humanidade e que a todo indivíduo, independentemente de seu conjunto genético, é devido o respeito à sua singularidade e diversidade. Também dispõe que: "Os benefícios dos avanços na biologia, na genética e na medicina, relacionados ao genoma humano, devem ser disponibilizados a todos, com a devida consideração pela dignidade e pelos direitos humanos de cada indivíduo" (UNESCO, 1997).

## Objetivos

- Promover a reflexão e o debate acerca das possibilidades que a edição genética pode trazer à humanidade;
- Compreender os aspectos positivos e negativos da edição genética;
- Propiciar o protagonismo dos alunos no processo de aprendizagem;
- Estimular a pesquisa individual e a autonomia do aluno.

## Materiais utilizados

- Livro didático de Biologia;
- Computadores, tablets ou smartphones conectados à internet;
- Notebook e Datashow;
- Material impresso para ser entregue aos grupos;
- Quadro-branco e pincel;
- Pasta catálogo;
- Martelo de Juiz (Malhete).

## Desenvolvimento

Esta sequência didática está organizada para a aplicação em 6 aulas (50 minutos cada).

## Aula 1

PÁGINA 12

No primeiro momento o professor deverá explicar o processo de Edição Genética e apresentar as ferramentas utilizadas pela engenharia genética para a realização dessa técnica, em especial abordar sobre a CRISPR. O professor poderá usar os vídeos indicados abaixo para enriquecer a discussão:

A edição do DNA via CRISPR/Cas9



<https://www.youtube.com/watch?v=OiMBonOFVaM&t=48s>

O mistério do CRISPR



<https://www.youtube.com/watch?v=sT3rg84U618>

Após o vídeo, o professor deverá promover uma discussão sobre a Edição de DNA e apresentar a seguinte questão: **Será que vale a pena editar o DNA humano?**

Os alunos deverão elaborar hipóteses sobre as consequências positivas e negativas que essas técnicas podem trazer para a humanidade e registrá-las.

## Aula 2

O professor deverá propor a realização de um Júri Simulado sobre edição genética, seguindo as seguintes etapas:

- Apresentação do tema: Edição Genética em embriões humanos;
- Explicação do funcionamento da atividade;
- Divisão da classe em dois grupos: promotoria e defensoria;
- Distribuição de textos abordando os aspectos técnicos, éticos e legais da edição genética.

Orientação: os grupos da promotoria e da defensoria deverão elaborar uma peça (pasta) com reportagens e demais documentos que possam embasar suas argumentações, para isso é necessário o envolvimento de todos os alunos do grupo.

### Aula 3

Os dois grupos (promotoria e defensoria) devem se reunir em salas distintas para discutir sobre o material (reportagens, artigos, etc) que fundamentarão a linha de defesa e acusação. Além disso devem eleger 4 alunos para serem seus representantes (advogados e promotores) no dia do júri.

### Aulas 4 e 5 (geminadas)

Realização do Júri Simulado.

- Abertura oficial;
- Hino Nacional brasileiro;
- Leitura do assunto a ser julgado;
- Convocação dos jurados;
- Fala introdutória da promotoria (sem direito a protesto);
- Fala introdutória da defensoria (sem direito a protesto);
- Debate entre promotoria e defesa, com o direcionamento do juiz (Cabe ao juiz aceitar ou negar os pedidos de protestos);
- Recesso (10 minutos): Nesse momento os promotores e advogados deverão ser encaminhados a salas distintas, para reorganização das ideias e interação com os demais alunos do grupo;
- Reinício do júri: debate intercalado entre promotoria e defesa;
- Recesso (10 minutos). Reunião de cada grupo em sala separada;
- Reinício do júri: Arguições finais, inicia com a promotoria, que deve apresentar de forma objetiva suas considerações finais (3 a 5 minutos); encerra com a defensoria, que da mesma forma deve apresentar de forma objetiva suas arguições;
- Intervalo: Os jurados serão conduzidos a uma sala secreta, onde farão a votação escrita. O juiz fará a contagem dos votos;
- Conclusão do júri e veredito final.

### Aula 6

Está aula é destinada a sistematização do conhecimento. Cada aluno deverá responder novamente a questão o que é Edição Genética e elaborar um pequeno texto relatando a sua posição sobre o tema discutido e os aspectos mais relevantes do debate.

## Pontos investigativos da atividade

O júri simulado é a simulação de um tribunal em sala de aula. É uma estratégia didática que promove as argumentações pró e contra algum tema específico, aprimoramento da capacidade argumentativa do aluno (BRITO e SÁ, 2010). A argumentação é a defesa de um ponto de vista, e precisa ir além do que mera opinião. Os alunos precisam estar envolvidos para avaliar o problema e apresentar sua justificativa com base em dados e provas (SASSERON, 2015). Os estudantes devem desenvolver atividades investigativas, assumindo papel ativo na delimitação e no desenvolvimento dessas atividades, o que inclui discussões baseadas em evidências, a consideração de questões sociocientíficas e o aprendizado da natureza e da história da ciência. (KUHN, 1993; ZEMBAL-SAUL, 2009).

### Sugestões de textos:

<https://jornal.usp.br/atualidades/edicao-genetica-de-humanos-sera-rotina-em-10-anos-dizem-especialistas/>

<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/55-experimento-chines-confronta-limites-entre-etica-e-ciencia>

<https://www.publico.pt/2018/11/29/ciencia/entrevista/inicio-caminho-perigoso-eugenia-1852767>

<https://observador.pt/2017/08/02/cientistas-editam-adn-de-embrioes-humanos-e-eliminam-doenca-hereditaria/>

<http://www.ihu.unisinos.br/159-noticias/entrevistas/570434-a-edicao-genetica-de-embrioes-humanos-e-revolucionaria-e-perturbadora-entrevista-especial-com-marcelo-de-araujo>

<http://cfq.org.br/noticia/codigo-da-vida-cientistas-dividem-premio-nobel-de-quimica-2020/>

### Considerações

Devido à complexidade do direcionamento do debate, o papel do Juiz deve ser desempenhado preferencialmente por um professor colaborador. Os jurados (5 a 7) devem ser preferencialmente alunos de outras turmas, e que não tenham vínculos familiares com os advogados e promotores, e devem estar na sala do júri desde a abertura oficial.

# VACINAS

## INTRODUÇÃO

A descoberta da vacina foi uma das maiores conquistas da humanidade, pois permitiu o controle, eliminação e erradicação de diversas doenças infectocontagiosas. A vacina surgiu em 1789, quando o médico inglês Edward Jenner, sabendo da crença dos camponeses de que aqueles que trabalhavam com vacas não eram infectados pela varíola humana (LAROCCA; CARRARO, 2000) e observando que as mulheres que ordenhavam vacas realmente não contraíam a varíola, aplicou linfa das lesões de uma ordenhadora de vacas em um garoto (LESSA; DÓREA, 2013). Devido a esse experimento, ao processo de imunização humana atribuiu-se o nome vacina, do latim *vacinnus*, que significa das vacas (ROITT; BROSTOFF; MALE, 2003). Inicialmente a prática chamada variolização, consistiu na introdução de líquido extraído de pústulas de um enfermo na pele de indivíduos saudáveis, em alguns casos a inoculação era direto braço a braço. (BALLALAI, 2013). Jenner é considerado precursor da imunologia, pelo fato de apresentar a primeira tentativa científica de controle da doença infecciosa pela vacinação (CUNHA; KREBS; BARROS, 2009).

Na segunda metade do século XIX os estudos de Pasteur e Koch trouxeram grandes contribuições a vacinação, ao estabelecerem as relações de microrganismos patogênicos e doenças.

Pasteur e seus colaboradores desenvolveram a tecnologia de se atenuar o agente causal da doença, permitindo a sua inoculação nos indivíduos. Surge então o conceito de vacina e sua produção em larga escala (BALLALAI 2013). A descoberta e desenvolvimento de novas vacinas seguiram nos anos seguintes, e hoje a população conta com um vasto arsenal protetivo. Dentre as vacinas mais difundidas, destacam-se: raiva, cólera, tuberculose, febre amarela, influenza, pólio, difteria, tétano, coqueluche, sarampo, caxumba, rubéola, hepatite A e B, dentre outras (CUNHA; KREBS; BARROS, 2009).

No Brasil, a vacina chegou em 1804. O ano de 1820 marca o primeiro mapa anual de vacinação em massa. Dez anos mais tarde, em 1830, nota-se uma redução da vacinação associada ao medo da população em tomar a vacina, seja por medo do incômodo da vacina e de adquirir doenças das vacas, pela incitação do clero em afirmar que a vacina era coisa de satanás ou pela própria discussão médica sobre a eficácia da imunização (LAROCCA; CARRARO, 2000). Poucas ações e investimentos na área da saúde foram tão eficientes para a humanidade quanto a vacinação, nenhuma outra inovação, nem mesmo os antibióticos, foram capazes de reduzir a mortalidade e influenciar tanto no crescimento populacional de todo o mundo (BALLALAI, 2013).

## Objetivos

- Discutir as contribuições das vacinas para humanidade;
- Discutir a descoberta e contribuição de inúmeras vacinas utilizadas pela humanidade;
- Discutir sobre a evolução no processo de produção de vacinas e da cobertura vacinal;
- Discutir sobre os malefícios dos movimentos antivacina no combate as doenças.

## Materiais utilizados

- Livro didático de Biologia;
- Computadores, tablets ou smartphones conectados à internet;
- Material impresso para ser entregue aos grupos;
- Quadro-branco e pincel.

## Desenvolvimento

A atividade foi desenvolvida para a aplicação em 4 aulas de 50 minutos cada.

### Aula 1

No primeiro momento, o professor deverá promover uma discussão sobre vacina, buscando identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema. Após a discussão, deverá apresentar o seguinte problema investigado:

"Se há alguma coisa quase certa em relação à atual pandemia é que ela não foi a primeira, e nem será a última que a humanidade vai enfrentar. Só não se sabe quando e de onde virá a próxima e qual seu agente causador, se um vírus, bactéria ou outro microorganismo." A essa doença desconhecida, e com imenso potencial epidêmico a OMS chama de "Doença X". Adaptado de BBC<sup>1</sup> (2022)

Considerando o grande conhecimento adquirido no enfrentamento à Covid 19, sua equipe de pesquisadores foi selecionada para ajudar a humanidade a vencer o próximo desafio. **Como vocês desenvolveriam uma vacina para a "Doença X"?**

Os alunos deverão se reunir em grupos para formulação e registro de suas hipóteses.

<sup>1</sup>

Fonte: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-53758807>> Acesso em: 03 abr. 2022

## Aula 2

### A história contada pelas vacinas

Os alunos receberão dois tipos de fichas, uma contendo informações sobre as principais pandemias que assolaram a humanidade, e outra referente aos tipos de vacinas já desenvolvidas e utilizadas por nós. Os alunos deverão investigar qual vacina foi usada no combate de cada doença.

### Fichas das doenças

## Peste Negra

Bactéria: *Yersinia pestis*

Período do surto: 1330-1353

Número de mortes: 25 milhões de pessoas aproximadamente

Foi no século XIV, durante a Idade Média, que a peste negra, também chamada de peste bubônica, assolou a população europeia e asiática. Teve sua origem no Oriente, na Mongólia, e foi espalhada pelos barcos comerciais que realizavam trabalho entre os dois continentes. Causada por uma bactéria, essa doença primeiro atingiu os ratos e depois foi passada aos humanos pelas pulgas infectadas que haviam picado esses animais.

Os sintomas eram parecidos com uma gripe forte, porém com o inchaço dos gânglios e presença de bolhas de pus e sangue pelo corpo. Estima-se que na Europa,  $\frac{1}{3}$  da população morreu, ou seja, cerca de 25 milhões de pessoas entre os anos de 1347 e 1353.



Médicos combatendo a Peste Negra



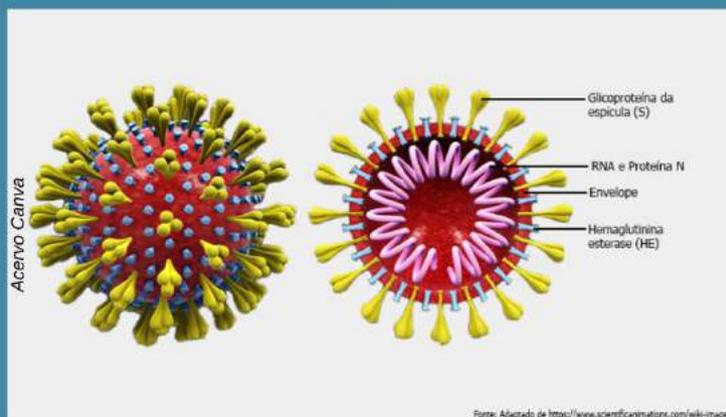
## Covid-19

Vírus: *Sars-CoV-2*

Período do surto: 2019-2021

Número de mortes: cerca de 5 milhões de pessoas (Até novembro /2021)

A doença foi identificada no final de 2019 na China, mais precisamente na cidade de Wuhan, e avançou para outros países de todos os continentes. Esse vírus começou a infectar morcegos e, mais tarde, os seres humanos. Essa doença ataca os pulmões, e outros órgãos, levando os doentes a graves quadros de insuficiência respiratória, e que podem levar à morte.



*Sars-CoV-2*



## Tuberculose

Bactéria: *Mycobacterium tuberculosis* (Bacilo de Koch)

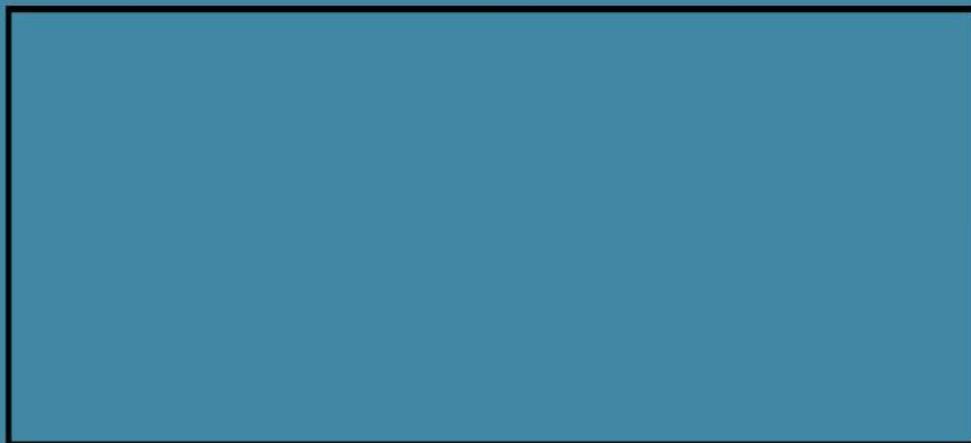
Período do surto: 1850-1950

Número de mortes: cerca de 1 bilhão de pessoas

Foi em meados do século XIX que a tuberculose começa a atingir grande parte da população. Essa doença causada por uma bactéria, o bacilo de Koch, é também chamada de tísica pulmonar, pois afeta os pulmões, causando sintomas graves de insuficiência respiratória. No entanto, a doença também pode atingir outros órgãos do corpo como os ossos, a pele e os gânglios linfáticos.



*Mycobacterium tuberculosis*



## Varíola

Vírus: *Orthopoxvirus variolae*

Período do surto: 430 a.C. (primeiro surto)

Número de mortes: 300 milhões de pessoas aproximadamente

A varíola é uma doença causada pelo vírus *Orthopoxvirus variolae*, com sintomas parecidos com os da gripe normal, (febre e dores no corpo), acrescidos de vômitos e úlceras cutâneas.

Vários surtos de varíola aconteceram na história da humanidade, sendo que o primeiro deles ocorreu em 430 a.C. na Grécia. Estima-se que naquele momento  $\frac{1}{3}$  da população grega morreu. Mais tarde, foi a vez dos romanos e com as grandes navegações no século XV, a doença chegou na América.



Úlceras cutâneas causadas pela varíola



## Poliomielite

Vírus: *Poliovírus*

Período do surto: 1940 a 1980

É uma doença infecto-contagiosa aguda, causada por um vírus que vive no intestino, denominado *Poliovírus*. Embora ocorra com maior frequência em crianças menores de quatro anos, também pode ocorrer em adultos. Cerca de 1% dos infectados pelo vírus pode desenvolver a forma paralítica da doença, que pode causar sequelas permanentes, insuficiência respiratória e, em alguns casos, levar à morte. Atualmente é considerada erradicada em quase todo o mundo, graças a programas de vacinação em massa, persistindo apenas no Paquistão e Afeganistão.



Crianças com sequelas da poliomielite



## AIDS

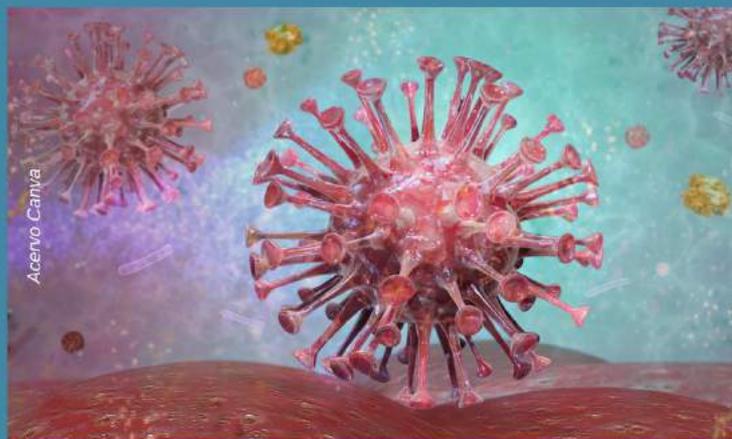
Vírus: HIV

Surto da doença: 1980 a 1921

Número de mortes: 20 milhões de pessoas aproximadamente

A AIDS, sigla de Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (*Acquired Immunodeficiency Syndrome*), é uma doença causada pelo vírus HIV que acomete o sistema imunológico atacando os linfócitos T-CD4, fundamentais para as defesas do organismo.

Sua transmissão ocorre nas relações sexuais, e também pela transmissão sanguínea causada, sobretudo, pelo uso das drogas injetáveis. Além disso, grávidas que apresentem o vírus podem passar para os filhos durante a gestação. Até hoje, não foi descoberta a cura dessa doença. Os tratamentos controlam a doença e fortalecem o sistema imunológico.



Vírus HIV



## Gripe

### Gripe Espanhola

Vírus: *Influenza*

Período do surto: 1918-1920

Número de mortes: entre 20 e 40 milhões de pessoas

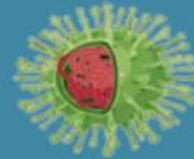
A gripe espanhola foi uma das maiores pandemias da história. Atingiu a população mundial no ano de 1918, no final da primeira guerra mundial e permaneceu até 1920. Alastrou-se em três ondas, a primeira em março de 1918, a segunda em agosto de 1918 e a terceira em janeiro de 1919. A segunda ficou conhecida por ser a mais contagiosa com alta taxa de mortalidade. Sem vacina, a pandemia da gripe espanhola acabou por meio da imunidade adquirida naturalmente pela população, um custo muito alto, pago com vidas.

### Gripe Suína

Vírus: *Influenza tipo A*

Período do surto: 2009-2010

Número de mortes: cerca de 20 mil pessoas



*Influenza*

Em 2009, a gripe *H1N1*, influenza tipo A ou gripe suína, começou no México e logo se espalhou pelo mundo. Foi chamada de gripe suína uma vez que foi identificada pela primeira vez em porcos.

O surto dessa doença respiratória causada por vírus permaneceu até 2010 e atingiu cerca de 207 países do mundo.



## Cólera

Bactéria: *Vibrião colérico*

Período do surto: 1817-1824

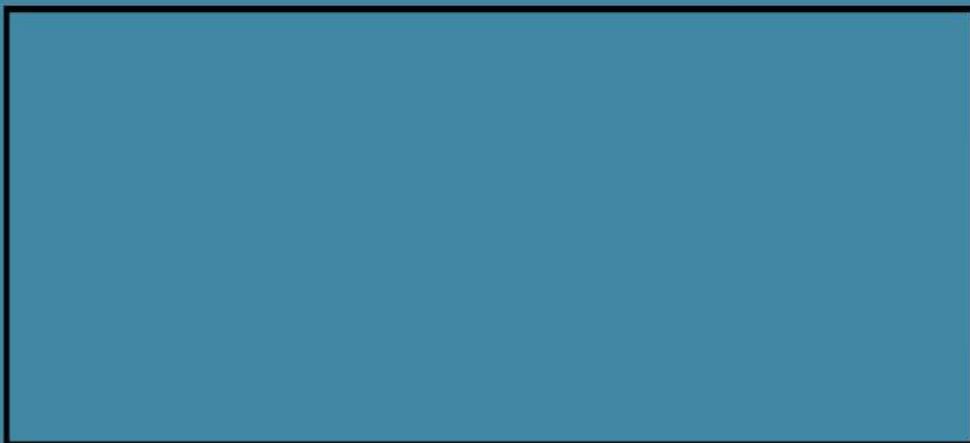
Número de mortes: 30 mil pessoas aproximadamente

Doença infecciosa bacteriana que já teve diversos surtos na história da humanidade, sendo que o maior deles ocorreu no século XIX.

A cólera é relacionada à falta de saneamento básico, o principal sintoma é a diarreia, levando a pessoa a uma grande desidratação. Atualmente, essa doença ainda continua a atingir diversas pessoas no mundo, principalmente em países subdesenvolvidos, onde o saneamento é precário.



*Vibrio cholerae*



## **Fichas das vacinas**

### **Vacina XXT**

Quando a humanidade mais precisou de mim eu ainda não existia. Era um período de trevas, pouco se sabia sobre saúde, pouco se sabia sobre doenças, e como não se sabia as causas das enfermidades ainda não era possível eu existir. Fui criada em 1896 por um pesquisador russo. Sou uma vacina feita a partir da própria bactéria inativada (morta) pelo calor.

### **Vacina RXW**

Minha primeira aplicação ocorreu em 1921 em um recém-nascido no hospital de caridade em Paris. Fui criada a partir de uma bactéria encontrada em bovinos e atenuada em laboratório. Inicialmente eu era administrada por via oral, mas hoje deixo minha marca no braço em cada um de vocês. Sou a vacina mais amplamente usada em todo o mundo.

### **Vacina WWT**

Festa! Eu acabei de nascer. Fui descoberta quando um médico de uma pequena cidade do interior observou que as pessoas que ordenhavam vacas não contraíam uma doença muito temida em sua época desde que tivessem contraído a forma animal dessa doença. Estava descoberta a primeira vacina. Fui feita de vírus atenuado, sou muito rudimentar, minha inoculação no início era braço a braço, mas ainda assim revolucionei a história da medicina. Após intenso trabalho por todo o mundo estou aposentada desde 1980.

### **Vacina KGS**

Fui desenvolvida a partir de vírus cultivados em ovos embrionados de galinha. Fui utilizada pela primeira vez pelos soldados americanos durante a Segunda Guerra Mundial. Infelizmente não estava aqui no início do século XX quando a humanidade precisou de mim, mas no século XXI quando uma nova variante surgiu em poucos meses já estava no batente cumprindo a minha missão.

Ainda sou produzida a partir de ovos embrionados. Sou uma vacina de vírus inativado, mas nem pense que estou desatualizada!

### **Vacina WTA**

Entrei para o Guines Book,

Fui produzida em tempo recorde,

Não sou só uma, e sim, duas, três, quatro, cinco...

Existo em várias versões diferentes, algumas bem primitivas, como a feita a partir do próprio patógeno inativado, tenho versões um pouco mais modernas como as de subunidades proteicas, e vetores virais e a grande novidade do momento, a vacina de RNA que carrega fragmentos de mRNA sintético do vírus e fornece aos nossos ribossomos uma espécie de receita para serem produzidos pequenos pedaços das proteínas que ficam no exterior do vírus. Realmente somos bem diferentes, e o mais importante é que funcionamos muito bem.

### **Vacina XPW**

Fui uma das primeiras vacinas feitas em laboratório, e amplamente utilizada. Na verdade minha primeira versão não era para humanos, e sim para galinhas. Minha história começou em 1879, quando uma cultura antiga de bactérias, deixada na estufa durante as férias, tornou-se inofensiva, e as galinhas inoculadas com essa cultura não adquiriam a enfermidade, e ficaram imunizadas.

### **Vacina XLT**

Sou uma vacina de vírus inativado. Fui produzida a partir de vírus cultivados em células de rim de macaco e posteriormente inativados quimicamente com formaldeído. Geralmente divido a minha tarefa com uma parceira feita de vírus vivo atenuado que são gotinhas milagrosas. Se tudo continuar dando certo, em breve iremos nos aposentar!

### **Vacina XLK**

Eu ainda não estou pronta para brilhar, mas o mundo espera ansioso pela minha estreia. Estou sendo desenvolvida em várias partes do mundo, inclusive aqui no Brasil. Farei parte de uma geração mais moderna de vacinas pois minha missão é mais complexa do que a de todas as minhas companheiras, pois meu alvo é uma "metamorfose ambulante", e além disso se integra ao genoma humano rapidamente. O mais provável é que serei uma mRNA, ou uma vacina de vetor viral feita de vírus modificado geneticamente, que contenha genes para as células produzirem proteínas vacinais, ou talvez uma vacina de subunidade proteica. Em breve o mundo saberá!

### Aula 3

Importância da vacinação para o controle da pandemia

1) O gráfico a seguir mostra a relação entre óbitos e porcentagem da população brasileira totalmente vacinada contra a covid- 19 no período de janeiro a novembro de 2021.



Adaptado de Portal Fiocruz<sup>1</sup> (2021)

- 1) Quais conclusões podemos tirar a partir da análise desse gráfico?
- 2) Quais vacinas contra a covid-19 estão sendo usadas pelo programa nacional de imunização do SUS? Quais as diferenças entre elas?
- 3) Embora a maioria da população se mostre confiante quanto à imunização pela vacinação, algumas pessoas ainda não acreditam que as vacinas sejam uma forma eficaz de controle da pandemia. Com base em seus conhecimentos sobre vacinas, quais argumentos vocês apresentariam para aqueles que ainda não acreditam na eficácia da vacinação?

<sup>1</sup>Fonte: <<https://portal.fiocruz.br/documento/boletim-extraordinario-do-observatorio-covid-19-4-de-novembro>>. Acesso em: 03 nov 2021.

## Aula 4

### Socialização do conhecimento

O professor promoverá uma discussão sobre a história das vacinas e suas importantes contribuições para a humanidade. Esse é o momento dos alunos exporem seus conhecimentos, dúvidas e opiniões. O professor deverá assumir o papel de mediador estimulando o envolvimento e participação dos alunos. Caso possível organize a sala em círculo, de forma que os alunos sintam-se valorizados e protagonistas no processo ensino e aprendizagem.

### Sugestões de textos

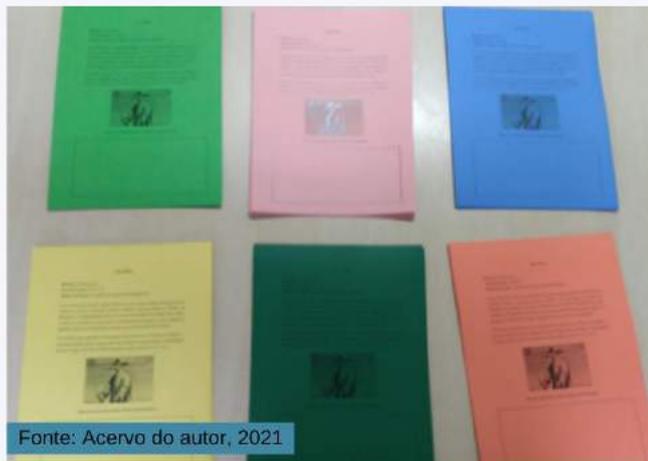
<http://cienciaviva.org.br/index.php/2020/04/05/breve-historia-do-movimento-anti-vacina/>

<https://www.ufsm.br/midias/arco/como-funcionam-pesquisas-criacao-vacina/>

<https://saude.estadao.com.br/noticias/geral,entenda-como-funciona-o-processo-de-desenvolvimento-de-uma-vacina,70003263247>

## Considerações

A fim de facilitar a organização da atividade, o ideal é imprimir as fichas das doenças em papel cartão colorido. Cada kit contendo as informações sobre as doenças abordadas deve ser impresso da mesma cor.



Ficha das doenças

## Referências bibliográficas

BALLALAI, Isabella. **Manual prático de imunizações**. São Paulo: A. C. Farmacêutica, 2013.

BRANDÃO, Gilberto Oliveira; FERREIRA, Louise Brandes Moura. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 43-63, 2009. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/caracterizacao\\_estado\\_arte\\_biotecnologia\\_marinha.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/caracterizacao_estado_arte_biotecnologia_marinha.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2021.

BRITO, J. Q. A. B.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sociocientíficas com alunos de ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 9, n.3, p. 505-529, 2010. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2\\_Vol9\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2_Vol9_N3.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2022

CUNHA, Juarez, KREBS, Lenita Simões, BARROS, Elvino. **Vacinas e imunoglobulinas: consulta rápida**. Porto Alegre: ArtMed, 2009

DOUDNA, J. A.; CHARPENTIER, E. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. **Science**, v. 346, n. 6213, 1258096, 2014.

GÓES, A. C. S.; OLIVEIRA, B. V. X. Projeto Genoma Humano: Um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista Ciência Hoje. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 561- 577, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/6NMQtBZN8C98xyFcZSgsWFn/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 03 mar. 2022.

JANSEN, R.; VAN EMBDEN, J.; GAASTRA, W.; SCHOOLS, L. Identification of genes that are associated with DNA repeats in prokaryotes. **Molecular Microbiology**, v. 43, n. 6, p. 1565-1575, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11952905/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. 9ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

LAROCCA, Liliana Muller; CARRARO, Telma Elisa. O mundo das vacinas–caminhos (des) conhecidos. **Cogitare Enfermagem**, v. 5, n. 2, 2000. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/cogitare/article/view/44884/27311>>. Acesso em 11 ago 2022.

LESSA, Sérgio de Castro; DÓREA, José Garrofe. Bioética e vacinação infantil em massa. *Rev. Bioética*, v. 21, n.2, p. 226-36, 2013.

MAEDER, M. L.; THIBODEAU-BEGANNY, S.; OSIAK, A.; WRIGHT, D. A.; ANTHONY, R. M.; ICHTINGER, M.; JIANG, T.; FOLEY, J. E.; WINFREY, R. J.; TOWNSEND, J. A. **et al.** Rapid "open-source" engineering of customized zinc-finger nucleases for highly efficient gene modification. *Molecular Cell*, v. 31, p. 294-301, 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2535758/>>. Acesso em 11 ago. 2021.

ROITT, Ivan; BROSTOFF, Jonathan; MALE, David. **Imunologia**. 6. ed. Barueri: Manole, 2003.

SASSERON, L.H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, 49-67, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 08 ago. 2021.

SHEID, Neusa Maria John. A Proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a história da Ciência pode contribuir para o ensino de Genética. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2003. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL021.pdf>>. Acesso em 15/07/2021.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 11, p. 223-233, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5CZ5MDGqznkmnqzRFQbdyhq/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 11 jun. 2022.

SMITH, J.; GRIZOT, S.; ARNOULD, S.; DUCLERT, A.; EPINAT, J. C.; CHAMES, P.; PRIETO, J.; REDONDO, P.; BLANCO, F. J.; BRAVO, J.; MONTOYA, G.; PÂQUES, F.; DUCHATEAU, P. A combinatorial approach to create artificial homing endonucleases cleaving chosen sequences. **NucleicAcids Research**, v. 34, n. 22, e149, 2006. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17130168/>>. Acesso em 04 jun. 2022.

SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J. **Fundamentos de Genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

THOMPSON, M. W.; McINNES, R. R.; WILLARD, H. F. (THOMPSON & THOMPSON). **Genética Médica**. 5ª Edição. Guanabara Koogan, 1991.

UNESCO. **The Universal Declaration on the Human Genome and Human Rights: from theory to practice.** In: 29ª Sessão da Conferência Geral da UNESCO. November 11 1997.

VILLAS-BÔAS, Silas Granato; GOMBERT, Andreas Karoly. Análise do metaboloma: Uma ferramenta biotecnológica emergente na era pós-genômica. **Biociência e Desenvolvimento**, n. 36, p. 58-69, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001614461>>. Acesso em 03 abr. 2022.

ZEMBAL-SAUL, C. Learning to teach elementary school science as argument. **Science Education**, v.93, p. 687-719. 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.20325>>. Acesso em 11 ago. 2022.

**APÊNDICE B****QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE SOBRE BIOTECNOLOGIA**

Nome: \_\_\_\_\_ Série: 2° ano

Professor: Saulo N. Santa Clara

Data: \_\_/\_\_/\_\_

1) Escreva um pequeno texto sobre o que você entende sobre biotecnologia

---

---

---

---

2) Indique quais das imagens abaixo você associa a biotecnologia



FIGURA 2: EDIÇÃO GENÉTICA



FIGURA 4: ÔNIBUS ESPACIAL



FIGURA 2: VACINA



FIGURA 5: MODELO DO DNA

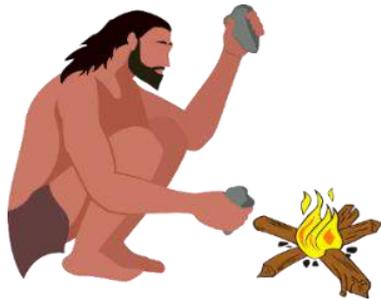


FIGURA 3: DESCOBERTA DO FOGO

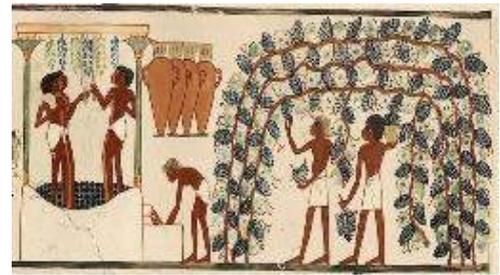


FIGURA 6: PRODUÇÃO DE VINHO

3) Quais são as 5 palavras que lhe vem à mente quando se fala em genoma?

---



---



---

4) Quais as relações entre cromossomos, DNA e genes?

---



---



---

5) Qual a relação entre Mapeamento Genético e Edição Genética?

---



---



---

6) Como são produzidas as vacinas contra a Covid-19 liberadas para uso no Brasil?

---



---

7) Assinale V para as verdadeiras e F para falso nas proposições abaixo:

a) ( ) O Projeto Genoma mapeou as proteínas do nosso corpo.

b) ( ) O Projeto Genoma abriu caminho para grandes inovações na ciência, como por exemplo a edição genética.

c) ( ) O conjunto dos cromossomos presente no núcleo celular chama-se genoma.

d) ( ) O conjunto dos cromossomos presente no núcleo celular chama-se cariótipo.

e) ( ) A Edição Genética tem como objetivo corrigir as mutações no organismo por meio da substituição dos cromossomos defeituosos.

f) ( ) A descoberta da CRISPR-Cas 9 teve início quando identificaram uma região no genoma da bactéria *Escherichia coli* com função desconhecida.

g) ( ) A CRISPR/Cas9 é conhecida como a “tesoura genética”, devido à sua baixa especificidade e capacidade de cortar o DNA em pontos aleatórios.

h) ( ) A imunidade de rebanho deve ser adquirida preferencialmente por meio da vacinação, e não pela transmissão direta da doença.

i) ( ) As vacinas contém anticorpos que auxiliam o organismo a combater os agentes invasores.

j) ( ) O movimento antivacinação atrapalha o controle de doenças infectocontagiosas, uma vez que as pessoas não vacinadas contribuem para a circulação dos microrganismos patogênicos.

**8)** O avanço da ciência na Era Pós-Genômica, permitiu ao homem sonhar com a cura de doenças associadas a mutações genéticas, como Parkinson, Alzheimer, etc. Uma das primeiras etapas na busca da cura para essas doenças é:

a) Identificar os genes mutante, e descobrir em qual cromossomo está localizado.

b) Identificar a alteração cromossômica associada a essas doenças.

c) Mapear e sequenciar o cromossomo X, para identificar os genes mutantes.

d) Mapear e sequenciar o cromossomo Y, para identificar os genes mutantes.

**9)** “[..] as forças cegas da seleção natural, como agente propulsor do progresso, devem ser substituídas por uma seleção consciente e os homens devem usar todos os conhecimentos adquiridos pelo estudo e o processo da evolução nos tempos passados, a fim de promover o progresso físico e moral no futuro”, (GALTON, 1865).

Em detrimento das questões éticas e da inerente discriminação entre as diferenças das raças humanas, em 1865, Galton, defendia a utilização das técnicas de “melhoramento” da nossa espécie. Algumas questões de cunho ético têm sido levantadas em relação a Edição genética dentre essas podemos destacar:

a) o emprego de testes físicos como um novo critério de seleção nos esportes.

b) o uso das técnicas de edição genética no tratamento de algumas doenças.

c) aumento da variabilidade genética através da reprodução sexuada.

d) possibilidade de se criar seres humanos com características físicas e morfológicas mais vantajosas que outros não modificados.

**10)** Milhares de pessoas estavam morrendo de varíola humana no final do século XVIII. Em 1776, o médico Edward Jenner (1746-1823) inoculou em um menino de 8 anos o pus extraído de feridas de vacas contaminadas com vírus da varíola bovina, que causa uma doença branda em humanos. O garoto contraiu uma infecção benigna e, dez dias depois, estava recuperado.

Meses depois, Jenner inoculou, no mesmo menino, o pus varioloso humano, que causava muitas mortes. O menino não adoeceu.

Adaptado de <<https://www.bbc.co.uk/>>. 5 jan. 2021.

Considerando o resultado do experimento, qual a contribuição desse médico para a saúde humana?

- a) A cura de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo.
- b) O tratamento para muitas enfermidades que acometem milhões de pessoas.
- c) O estabelecimento da ética na utilização de crianças em modelos experimentais.
- d) A prevenção de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo.







## APÊNDICE E

### QUESTIONÁRIO PÓS -TESTE SOBRE BIOTECNOLOGIA

Nome: \_\_\_\_\_ Série: 2º ano

Professor: Saulo N. Santa Clara

Data: \_\_/\_\_/\_\_

1) Escreva um pequeno texto sobre o que você entende sobre biotecnologia

---



---



---



---

2) Indique quais das imagens abaixo você associa a biotecnologia



FIGURA 2: EDIÇÃO GENÉTICA



FIGURA 4: ÔNIBUS ESPACIAL



FIGURA 2: VACINA



FIGURA 5: MODELO DO DNA

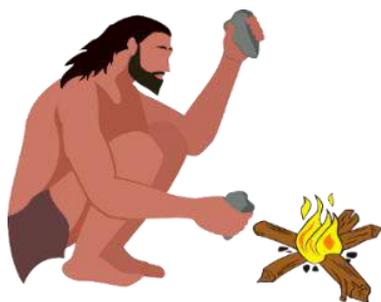


FIGURA 3: DESCOBERTA DO FOGO

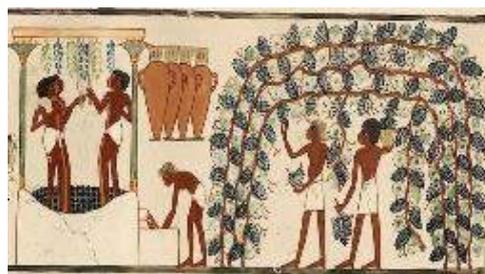


FIGURA 6: PRODUÇÃO DE VINHO

3) Quais são as 5 palavras que lhe vem à mente quando se fala em genoma?

---

---

---

4) Quais as relações entre cromossomos, DNA e genes?

---

---

---

5) Qual a relação entre Mapeamento Genético e Edição Genética?

---

---

---

6) Como são produzidas as vacinas contra a Covid- 19 liberadas para uso no Brasil?

---

---

---

---

7) Assinale V para as verdadeiras e F para falso nas proposições abaixo:

a)(  ) O Projeto Genoma mapeou as proteínas do nosso corpo.

b)(  ) O Projeto Genoma abriu caminho para grandes inovações na ciência, como por exemplo a edição genética.

c)(  ) O conjunto dos cromossomos presente no núcleo celular chama-se genoma.

d)(  ) O conjunto dos cromossomos presente no núcleo celular chama-se cariótipo.

e)(  ) A Edição Genética tem como objetivo corrigir as mutações no organismo por meio da substituição dos cromossomos defeituosos.

f)(  ) A descoberta da CRISPR-Cas 9 teve início quando identificaram uma região no genoma da bactéria *Escherichia coli* com função desconhecida.

g)(  ) A CRISPR/Cas9 é conhecida como a “tesoura genética”, devido à sua baixa especificidade e capacidade de cortar o DNA em pontos aleatórios.

h)(  ) A imunidade de rebanho deve ser adquirida preferencialmente por meio da vacinação, e não pela transmissão direta da doença.

i)(  ) As vacinas contém anticorpos que auxiliam o organismo a combater os agentes invasores.

j)(  ) O movimento antivacinação atrapalha o controle de doenças infectocontaiosas, uma vez que as pessoas não vacinadas contribuem para a circulação dos microrganismos patogênicos .

**8)** O avanço da ciência na Era Pós-Genômica, permitiu ao homem sonhar com a cura de doenças associadas a mutações genéticas, como Parkinson, Alzheimer, etc. Uma das primeiras etapas na busca da cura para essas doenças é:

- a) Identificar os genes mutante, e descobrir em qual cromossomo está localizado.
- b) Identificar a alteração cromossômica associada a essas doenças.
- c) Mapear e sequenciar o cromossomo X, para identificar os genes mutantes.
- d) Mapear e sequenciar o cromossomo Y, para identificar os genes mutantes.

**9)** “[..] as forças cegas da seleção natural, como agente propulsor do progresso, devem ser substituídas por uma seleção consciente e os homens devem usar todos os conhecimentos adquiridos pelo estudo e o processo da evolução nos tempos passados, a fim de promover o progresso físico e moral no futuro”, (GALTON, 1865).

Em detrimento das questões éticas e da inerente discriminação entre as diferenças das raças humanas, em 1865, Galton, defendia a utilização das técnicas de “melhoramento” da nossa espécie. Algumas questões de cunho ético têm sido levantadas em relação a Edição genética dentre essas podemos destacar:

- a) o emprego de testes físicos como um novo critério de seleção nos esportes.
- b) o uso das técnicas de edição genética no tratamento de algumas doenças.
- c) aumento da variabilidade genética através da reprodução sexuada.
- d) possibilidade de se criar seres humanos com características físicas e morfológicas mais vantajosas que outros não modificados.

**10)** Milhares de pessoas estavam morrendo de varíola humana no final do século XVIII. Em 1776, o médico Edward Jenner (1746-1823) inoculou em um menino de 8 anos o pus extraído de feridas de vacas contaminadas com vírus da varíola bovina, que causa uma doença branda em humanos. O garoto contraiu uma infecção benigna e, dez dias depois, estava recuperado. Meses depois, Jenner inoculou, no mesmo menino, o pus varioloso humano, que causava muitas mortes. O menino não adoeceu.

Adaptado de <<https://www.bbc.co.uk/>>. 5 jan. 2021.

Considerando o resultado do experimento, qual a contribuição desse médico para a saúde humana?

- a) A cura de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo.
- b) O tratamento para muitas enfermidades que acometem milhões de pessoas.

- c) O estabelecimento da ética na utilização de crianças em modelos experimentais.
- d) A prevenção de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo.

**11)** O uso dessa sequência didática investigativa sobre Genoma contribuiu para a sua aprendizagem sobre o tema estudado?

- a) Não, pois eu já dominava completamente o assunto abordado.
- b) Não, pois eu continuo sem compreender o assunto abordado.
- c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados
- d) Bastante, pois me permitiu uma boa compreensão sobre o Projeto Genoma.

**12)** O uso dos modelos didáticos contribuiu para a sua aprendizagem sobre o tema estudado?

- a) Não, pois não considero o uso de modelos didáticos uma forma eficiente de aprendizagem.
- b) Não, pois torna a aula muito demorada e pouco proveitosa.
- c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados
- d) Bastante, pois me permitiu uma melhor visualização e entendimento dos conceitos estudados.

**13)** O uso do Júri Simulado contribuiu para a sua aprendizagem sobre o tema estudado:

- a) Não, pois não considero debates uma forma eficiente de aprendizagem.
- b) Não, pois torna a aula muito demorada e pouco proveitosa.
- c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados.
- d) Bastante, pois me permitiu uma melhor compreensão e aprofundamento sobre o assunto abordado.

**14)** As atividades apresentadas na sequência didática investigativa contribuiu para uma maior motivação em aprender os temas referentes a Edição Genética:

- a) Não, pois não me despertaram grande interesse.
- b) Muito pouco, pois não achei as atividades interessantes.
- c) Sim, embora tenha achado as atividades pouco interessantes.
- d) Bastante, principalmente por ter achado as atividades bem interessantes.

**15)** O uso da sequência didática investigativa sobre vacinas contribuiu para a sua aprendizagem sobre o tema estudado:

- a) Não, pois eu já dominava completamente o assunto abordado.

- b) Não, pois eu continuo sem compreender o assunto abordado.
- c) Um pouco, pois compreendi parcialmente os assuntos abordados.
- d) Bastante, pois me permitiu uma boa compreensão sobre o tema abordado.

**16)** As atividades apresentadas nas sequências didáticas investigativas contribuíram para uma maior motivação em aprender os temas referentes a vacinas:

- a) Não, pois não me despertaram grande interesse.
- b) Muito pouco, pois não achei as atividades interessantes.
- c) Sim, embora tenha achado as atividades pouco interessantes.
- d) Bastante, principalmente por ter achado as atividades bem interessantes.

**Muito obrigado!!!**

## APÊNDICE F

### TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você, \_\_\_\_\_, está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa intitulada “Uso de Sequências Didáticas Investigativas como metodologia de ensino de Biotecnologia no Ensino Médio”, sob a responsabilidade de Saulo Nunes Santa Clara, aluno do programa de Pós Graduação PROFBIO, modalidade Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional, na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Desenvolver sequências didáticas com enfoque no ensino por investigação para o conteúdo de Biotecnologia.

#### **Procedimentos para obtenção dos dados:**

*A investigação será dividida em 3 etapas de acordo com as técnicas metodológicas escolhidas.*

*Na primeira etapa, pretende-se realizar um levantamento do conhecimento prévio dos alunos através de um questionário semiestruturado, com questões objetivas e discursivas. A análise dos resultados servirá como subsunções para a etapa seguinte.*

*Na segunda etapa será aplicada a sequência didática investigativa com os alunos.*

*Na terceira etapa será aplicado o questionário para auxiliar na coleta dos dados.*

As aulas poderão ser gravadas e fotografadas para uso exclusivo do pesquisador durante a análise dos dados.

#### **Riscos e Desconfortos:**

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e graus variados. *Por envolver o desenvolvimento de práticas educativas de formar diversas incluindo o diálogo, pode haver constrangimento dos envolvidos na situação de ensino e aprendizado e alterar a dinâmica das relações de ensino ali instauradas.* Em casos de ocorrência com relação aos riscos e desconfortos será dada assistência imediata que se configura na assistência emergencial e sem ônus de qualquer espécie ao participante da pesquisa, em situações em que este dela necessite e assistência integral, que é aquela prestada para atender complicações e danos decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa. Este

estudo apresenta risco mínimo, apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

**Benefícios:**

O benefício dessa pesquisa é contribuir no processo de ensino aprendizagem do conteúdo de Biotecnologia, por meio de seqüências didáticas investigativas.

**Garantia do Sigilo e Privacidade:**

É importante dizer que os dados dos sujeitos participantes da pesquisa serão mantidos em sigilo, durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação. Nesse sentido, os nomes dos participantes da pesquisa na escrita dos resultados e análise dos dados serão fictícios.

**Garantia de recusa em Participar da Pesquisa e/ou Retirada de Consentimento:**

*A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador e você não mais será contatado (a) pela mesma. Caso aceite poderá deixar de participar dela a qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, o (a) Sr (a) não mais será contatado (a) pela pesquisadora.*

**Esclarecimento de dúvidas:**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, o (a) Sr. (A) pode contatar o pesquisador Saulo Nunes Santa Clara, no celular (27) 99701-2468 ou telefone fixo da escola (27) 3261-0026 .O (A) Sr (A) também pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa – Campus do Ceunes pelo telefone (27) 3312-1519, e-mail: cepceunes@gmail.com/ comitedeetica.ceunes@institucional.ufes.br, endereço Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES, CEP: 29.932-540.

Nesse sentido, gostaria de contar com a sua colaboração, através de seu Assentimento Livre e Esclarecido.

**DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DOS PARTICIPANTE DA PESQUISA**

Eu fui informado (a) pelo pesquisador responsável do presente estudo sobre os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO e tive a oportunidade de fazer perguntas, assim como, todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu recebi uma via deste Termo de Assentimento, de igual teor, assinada pela pesquisadora principal e rubricada em todas as páginas.

Guarapari, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

**ASSINATURA DO (A) MENOR PARTICIPANTE DA PESQUISA**

Na qualidade de pesquisador responsável pela pesquisa “Uso de Sequências Didáticas Investigativas como metodologia de ensino de Biotecnologia no Ensino Médio” eu Saulo Nunes Santa Clara, declaro ter cumprido as exigências do termo IV.3, da Resolução CNS 466/12, a qual estabelece diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Guarapari, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

**PESQUISADOR RESPONSÁVEL**

## APÊNDICE G

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO AOS PAIS OU RESPONSÁVEIS LEGAIS

O (a) menor \_\_\_\_\_ pelo (a) qual o (a) senhor (a) é responsável está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “Uso de Sequências Didáticas Investigativas como metodologia de ensino de Biotecnologia no Ensino Médio” sob a responsabilidade de Saulo Nunes Santa Clara, aluno do programa de Pós Graduação PROFBIO, modalidade Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional, na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES.

#### Justificativa:

A aprendizagem significativa em Biotecnologia é um grande desafio para a educação. O presente trabalho busca analisar, utilizando-se de abordagem quali-quantitativa, as contribuições do uso de sequências didáticas investigativas no ensino de Biotecnologia no Ensino Médio, preenchendo lacunas nessa área do conhecimento e contribuindo para o processo de ensino-aprendizagem.

#### Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver sequências didáticas com enfoque no ensino por investigação para o conteúdo de Biotecnologia.

#### Procedimentos para obtenção dos dados:

A investigação será dividida em 3 etapas de acordo com as técnicas metodológicas escolhidas.

Na primeira etapa, pretende-se realizar um levantamento do conhecimento prévio dos alunos através de um questionário semi estruturado, com questões objetivas e discursivas. A análise dos resultados servirá como subsunções para a etapa seguinte.

Na segunda etapa será aplicada a sequência didática investigativa com os alunos.

Na terceira etapa será aplicado o questionário para auxiliar na coleta dos dados.

As aulas poderão ser gravadas e fotografadas para uso exclusivo do pesquisador durante a análise dos dados.

#### Riscos e Desconfortos:

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e graus variados. *Por envolver o desenvolvimento de práticas educativas de formar diversas incluindo o diálogo, pode haver constrangimento dos envolvidos na situação de ensino e aprendizado e alterar a dinâmica das relações de ensino ali instauradas.* Em casos de ocorrência com relação aos riscos e desconfortos será dada assistência imediata que se configura na assistência emergencial e

sem ônus de qualquer espécie ao participante da pesquisa, em situações em que este dela necessite e assistência integral, que é aquela prestada para atender complicações e danos decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa. Este estudo apresenta risco mínimo, apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

**Benefícios:**

O benefício dessa pesquisa é contribuir no processo de ensino aprendizagem do conteúdo de Biotecnologia, por meio de sequências didáticas investigativas.

**Garantia do Sigilo e Privacidade:**

É importante ressaltar que os dados dos participantes da pesquisa, bem como da escola, serão mantidos em sigilo, durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação. Os resultados da pesquisa serão utilizados nas reflexões das práticas educativas, relacionadas à necessidade de diversidade de estratégias de ensino, visando a melhoria do ensino de Biologia, interligado a diversificadas áreas do conhecimento, de maneira a propiciar atividades multidisciplinares.

**Garantia de recusa em Participar da Pesquisa e/ou Retirada de Consentimento:**

A participação do (a) menor pelo (a) qual o (a) senhor (a) é responsável é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador e ele não mais será contatado (a) pela mesma. Caso aceite, o participante menor poderá deixar de participar dela a qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, o (a) Sr (a) não mais será contatado (a) pela pesquisadora.

**Esclarecimento de dúvidas:**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, o (a) Sr. (A) pode contatar o pesquisador Saulo Nunes Santa Clara, no celular (27) 99701-2468 ou telefone fixo da escola (27) 3261-0026. O (A) Sr (A) também pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa – Campus do Ceunes pelo telefone (27) 3312-1519, e-mail: [cepceunes@gmail.com](mailto:cepceunes@gmail.com)/[comitedeetica.ceunes@institucional.ufes.br](mailto:comitedeetica.ceunes@institucional.ufes.br), endereço Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, São Mateus, ES, CEP: 29.932-540.

Nesse sentido, gostaria de contar com a sua colaboração, através de seu Consentimento Livre e Esclarecido.

Declaro que fui verbalmente informado (a) e esclarecido (a) sobre o presente documento, entendendo todos os termos acima expostos, e que voluntariamente aceito a participação do (a) menor pelo (a) qual sou responsável e compreendo que posso retirar meu consentimento e interrompê-lo a qualquer momento, sem penalidade. Também declaro ter recebido uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de igual teor, assinado pelo pesquisador principal e rubricada em todas as páginas.

Guarapari/ES, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

**ASSINATURA DO PAI/OU MÃE/OU RESPONSÁVEL LEGAL**

Na qualidade de pesquisadora responsável pela pesquisa “*USO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS COMO METODOLOGIA DE ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO*”, eu Saulo Nunes Santa Clara, declaro ter cumprido as exigências do termo IV.3, da Resolução CNS 466/12, a qual estabelece diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Guarapari/ES \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

**PESQUISADOR RESPONSÁVEL**