

# **Biotecnologia na escola: propostas para pensar ciência, bioética e suas aplicações na sociedade**



Nesta sequência os estudantes vão explorar os diferentes usos da biotecnologia na sociedade contemporânea

Fonte: <https://pixabay.com/pt/photos/quebra-cabe%C3%A7a-dna-pesquisa-gen%C3%A9tica-2500333/>

Sequência didática produzida por: Ana Kelly Gomes de Oliveira, Camila Grigolo Silva, Esther de Melo Barbosa Bittencourt, Karine Moreira Maciel dos Santos e Mírian Velten Mendes.

Orientação: Prof. Luiz Gustavo Franco

## Fundamentação teórica

O ensino de ciências e biologia é inflado de conteúdos conceituais o que, muitas vezes, dificulta a aprendizagem por parte dos estudantes. Como discutido por Carvalho e colaboradores (2011, p. 69):

Precisamos almejar objetivos que sejam, ao mesmo tempo, mais modestos, em relação à quantidade de conteúdos, mas potencialmente mais poderosos, no que tange à construção, pelos estudantes, de uma compreensão do mundo vivo que possa informar sua ação e tomada de decisão cotidianas.

Dessa forma, é fundamental buscarmos diferentes metodologias que favoreçam uma aprendizagem mais efetiva não baseada simplesmente na memorização de termos e fórmulas. (Brito, Brito & Sales, 2018). Diversas metodologias de ensino que possibilitam ao aluno ter uma visão mais contextualizada. Nesta perspectiva, uma das estratégias de ensino utilizadas é o ensino com enfoque CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade. De acordo com Rodriguez e Del Pino (2017, p.1), este enfoque

Promove estratégias diferenciadas no campo da Educação Científica com o intuito de melhorar a formação cidadã e promover uma visão mais adequada de ciência e tecnologia. Tendo como pilares o desenvolvimento do pensamento crítico e a tomada de decisão, este movimento pretende favorecer a construção de uma sociedade mais democrática, onde os cidadãos possam se posicionar frente aos avanços da ciência e da tecnologia, especialmente, aqueles que sofrem as consequências diretas do desenvolvimento tecnológico descontrolado.

A biotecnologia é um ramo da ciência que vem ganhando destaque e levantando debates importantes que relacionam a ética ao desenvolvimento tecnológico, como destacado por Maria Antonia Malajovich (2016). Essa autora indica que “deve-se a Ereky (1919) a primeira definição de biotecnologia, como ‘a ciência e os métodos que permitem a obtenção de produtos a partir de matéria-prima, mediante a intervenção de organismos vivos’ (Malajovich, 2016, p. 1).

Em um dossiê de biotecnologia publicado em 2010, Ana Clara Guerrini Schenberg descreve diversas rotas biotecnológicas relevantes para o desenvolvimento sustentável. Trazemos aqui alguns exemplos retirados do dossiê que evidenciam a importância desse tipo de discussão para a sociedade atual e no contexto da Educação Básica: “Geração de energia: aumento da produtividade de etanol por meio de melhoramento genético da levedura; prevenção da poluição ambiental: produção de biopolímeros a partir de recursos renováveis; biorremediação de águas contaminadas por metais tóxicos” (Schenberg, 2010).

Os usos dessas tecnologias incluem setores como o meio ambiente, indústria agroalimentar e saúde, e abrange áreas do conhecimento da ciência básica, da ciência aplicada e outras tecnologias (Malajovich, 2016). Desse modo, indicamos as potencialidades dessa temática em um trabalho orientado pelo enfoque CTS para a Educação Básica. Para essa discussão em âmbito escolar, trazemos as habilidades e competências presentes na Base

Nacional Comum Curricular (BNCC) e temos como objetivo explorar a competência 3 e suas habilidades, a qual busca:

Analisar 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, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BNCC, 2018 p. 558).

Pensando na necessidade de formar pessoas capazes de analisar situações-problema e tomar decisões conscientes e benéficas não somente ao indivíduo, mas à sociedade, esta sequência de atividades foi elaborada visando um trabalho com estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

## **Objetivos da sequência**

A partir das dimensões de conteúdo propostas por Zabala (2006), a presente sequência apresenta como objetivos conceituais a aprendizagem de técnicas da biotecnologia, como terapia gênica, clonagem, vacinação, pesquisa com células-tronco, sequenciamento gênico e conhecimento do CRISPR/Cas9, além, é claro, de retomar nessas discussões conteúdos de genética como estrutura do DNA, conceito de genes, tipos de herança, interação do genótipo e ambiente na determinação do fenótipo e doenças genéticas.

Do ponto de vista procedimental, são propostas distintas atividades com o intuito de: capacidade de identificar processos biotecnológicos na sociedade, desenvolver o pensamento crítico e questionamento diante de informações recebidas, capacidade de argumentação oral e escrita.

Por fim, os objetivos atitudinais são: estimular a autonomia, curiosidade e envolvimento dos alunos. A partir das discussões em grupo, esperamos também desenvolver atitudes sociais de respeito e sensibilidade a diferentes perspectivas.

## **Atividade 1: Ficção científica X Biotecnologia**

A ficção científica é amplamente explorada em filmes e livros para propor situações e tramas que aparentam ser desconexas da realidade. Mas afinal, será que essas tramas são, de fato, apenas ficção? O avanço científico dos últimos 50 anos revolucionou os conhecimentos biológicos, principalmente no âmbito molecular. Com o domínio dos conhecimentos teóricos a respeito do funcionamento do material genético, o ser humano foi capaz de desenvolver aplicações da genética para o próprio interesse, manipulando moléculas e até genomas inteiros.

Na primeira atividade desta sequência, a proposta é introduzir o tema biotecnologia por meio da discussão entre professor e alunos sobre os potenciais científicos na atualidade, semelhante à imagem futurista transparecida por personagens de cientistas em filmes. Para

iniciar, o professor faz perguntas para que os alunos se envolvam e desenvolvam afinidade pelo conteúdo a ser estudado.

Roteiro sugerido para o professor:

Perguntas feitas pelo professor	Respostas esperadas dos alunos
Vocês gostam de ficção científica? Quais filmes ou séries do gênero vocês se lembram?	Star Wars, De volta para o futuro, Jurassic Park, Avatar, Matrix, A Ilha, O planeta dos macacos.
Quando pensamos nos filmes nos quais o foco são seres vivos, o que é feito com esses seres, normalmente?	Modificação, manipulação, experimentos malucos, mistura de espécies.
Vocês acham que esses filmes estão sonhando muito? Ou será que estão perto da realidade?	Alguns podem responder que os filmes propõem situações impossíveis, ou que talvez precise de muito mais tecnologia para acontecerem. Outros podem afirmar que algumas das situações já estão acontecendo.

A partir dessa discussão inicial, resgatando memórias que já possuem, o professor deve direcionar a discussão para o assunto da biotecnologia e fazer levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes. Para isto, o docente deve explicar brevemente o conceito de biotecnologia e perguntar para a classe se alguém conhece alguma técnica biotecnológica. É possível que apareçam respostas, principalmente a respeito de clonagem, uso de células-tronco e transgenia, comumente divulgadas nas mídias sociais e jornais de grande alcance. Com isso, o professor sugere que a turma assista uma cena do filme “O Planeta dos Macacos - A origem”.

Planeta dos Macacos: a origem (Rise Of The Planet Of The Apes)
Ficção, EUA, 2011, 104min
Direção: Rupert Wyatt
Cena disponível em (05min56s) <a href="http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=12500">http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=12500</a> .



Capa do filme “O planeta dos macacos - A origem”

Fonte: <http://filmesemdvd.blogspot.com/2012/01/planeta-dos-macacos-origem-dvd-r.html>

Após passar o trecho do filme, o professor deve abrir espaço para que os próprios alunos façam questionamentos a respeito. O docente pode auxiliar com algumas perguntas:

Roteiro do professor	Respostas esperadas dos alunos
Vocês perceberam que no trecho a empresa de biotecnologia é retratada como sendo a “vilã”? Será que nós devemos enxergar essa forma de avanço científico com esse olhar?	Os alunos podem se dividir em opiniões como “todo avanço científico é válido”, “depende dos objetivos da pesquisa” e “as pesquisas não devem ultrapassar limites éticos dos seres vivos”.
A técnica utilizada é uma terapia gênica. O que é isso?	É possível que a maioria não saiba ou confunda outras técnicas da biotecnologia.
O que vocês acham sobre a utilização de modelos animais nas experimentações científicas? Será que é necessário? Quais animais podemos utilizar?	Uma parte dos alunos provavelmente irá condenar todo e qualquer uso de animais nos estudos científicos. Outra parte poderá ser a favor apenas quando for inevitável para a pesquisa, utilizando animais com modelos fisiológicos semelhantes ao ser humano. É possível que alguns se dizem indiferentes à situação, não enxergando problemas no uso indiscriminado dos animais.
O que vocês enxergam sobre ética nos procedimentos? Quais são os limites éticos que são cabíveis ao desenvolvimento científico?	Os alunos devem enxergar que a crucificação dos animais ao final da cena foi antiética. Alguns podem mencionar a própria experimentação como algo inaceitável.

Depois de explorar as informações do filme, o professor deve explicar a importância do conhecimento dos genomas das espécies para as práticas biotecnológicas. Para ilustrar, é interessante explicar o que foi o Projeto Genoma Humano, explorando o site “The Human Genome Project”.

Para concluir esta primeira atividade, o professor deve propor uma discussão a partir da leitura junto à turma do artigo de:

TUNES, P. H. (2019). Jurassic Park da vida real: Podemos (e devemos) clonar nossas espécies extintas?. *Tunes Ambiental*. Recuperado em 19 de mar. de 2021.

<https://tunesambiental.com/jurassic-park-da-vida-real-podemos-e-devemos-clonar-nossas-especies-extintas/>

A discussão deve ser impulsionada pela opinião dos estudantes a respeito da clonagem de animais extintos. É esperado que a turma se divida em alunos apoiadores da clonagem, principalmente de animais recentemente extintos, e alunos contra a técnica, levantando primordialmente as questões éticas envolvidas. A ética deve ser centralizada nos debates estabelecidos ao longo de toda a atividade.

## Atividade 2: Desmistificando o processo de vacinação

Na segunda atividade desta sequência, o objetivo é discutir práticas da biotecnologia na produção de vacinas e a sua importância para a sociedade. O Brasil possui um brilhante histórico relacionado à vacinação da população, que conta com a oferta gratuita de diversos imunizantes pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Entretanto, o fenômeno global anti-vacina tem circulado cada vez mais entre os brasileiros, o que afetou as campanhas de vacinação e o combate a doenças passíveis de prevenção. Sabendo do caráter coletivo da imunização, é fundamental que ocorra uma movimentação para desmistificar o processo de fabricação das vacinas e romper com mitos popularmente associados aos imunizantes.

A atividade proposta se baseia na contra-argumentação de *fake news* relacionadas a vacinas. Será solicitado, pelo professor, que os alunos façam um trabalho de busca individual por notícias e informações sobre vacinação, podendo, para isso, usar plataformas digitais como WhatsApp®, Instagram®, Twitter®, Facebook®, ou informações obtidas oralmente. É recomendado também que os alunos indaguem seus familiares sobre as vacinas e coletem suas informações.

**Algumas *fake news* esperadas são:**

Vacinas alteram o DNA
A vacina da COVID-19 contém chips implantados para controle das pessoas
A vacina Corona Vac não é segura porque é chinesa
A vacina pode causar outras doenças, como autismo e doenças auto-imunes
Vacinas causam infertilidade nas mulheres
Vacinas são derivadas de células de fetos abortados
Vacinas possuem 100% de eficácia

Fake news retiradas de: "As fake news mais preocupantes sobre as vacinas contra a covid-19". Disponível em: <https://veja.abril.com.br/saude/as-fake-news-mais-preocupantes-sobre-as-vacinas-contr-a-covid-19/>

Com as fake news reunidas, o professor deve iniciar um debate com a turma sobre os aspectos abordados em cada uma. Para desconstruir as informações falsas, é preciso que o docente retome com os estudantes os mecanismos biológicos relacionados ao funcionamento dos imunizantes.

**Perguntas orientadoras da discussão:**

- Como as vacinas são feitas?
- Todas as vacinas funcionam do mesmo jeito, mesmo vacinas contra microrganismos diferentes?
- A vacina pode desencadear aquela doença na pessoa?
- Por que algumas vacinas possuem mais de uma dose e outras não?
- A vacina gera imunidade eterna?
- Por que pessoas alérgicas a ovo não podem tomar algumas vacinas?

A partir desses questionamentos, o professor conduz a aula em formato de discussão, abordando as bases teóricas do conteúdo envolvendo vacinas: diferentes técnicas biotecnológicas que podem ser aplicadas, diferentes constituições do agente ativo, etapas de testes até a aprovação, funcionamento fisiológico, entre outros tópicos abordados.

Em um segundo momento, o professor pode pedir aos estudantes que levem à sala seus próprios cartões de vacinação. Com ele em mãos, o professor pede que analisem quais vacinas já tomaram e, no final, os estudantes conseguem verificar se estão com alguma pendência. Com isso, o professor inicia uma nova discussão, perguntando se os alunos sabem se precisam pagar por todas aquelas vacinas. Para guiar este momento, espera-se que os alunos tenham contato prévio com material de apoio com informações sobre as campanhas de vacinação do SUS. Também é interessante que possuam referência de comparação de outros países que comercializam as vacinas e seus valores.

#### **Material de apoio:**

“Conheça as 19 vacinas oferecidas pelo SUS”. Conselho Regional de Enfermagem da Paraíba, 19 de nov. de 2020. Disponível em: [http://www.corenpb.gov.br/conheca-as-19-vacinas-oferecidas-pelo-sus\\_9960.html](http://www.corenpb.gov.br/conheca-as-19-vacinas-oferecidas-pelo-sus_9960.html) . Acesso em: 19 de mar. de 2021.

Cartilha de Vacinas - Para Quem Quer Mesmo Saber das Coisas. Organização Pan-Americana de Saúde, 2003. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cart\\_vac.pdf](https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cart_vac.pdf) . Acesso em: 19 de mar. de 2021.

MOSENDZ, P. “Um quarto dos jovens dos EUA evita vacina da gripe por custo”. Bloomberg, 04 de out. de 2016. Disponível em: <https://www.bloomberg.com.br/blog/um-quarto-dos-jovens-dos-eua-evita-vacina-da-gripe-por-custo/> . Acesso em: 19 de mar. de 2021.

PRONIN, Tatiana. “Brasileiros procuram muito e pagam caro por vacina de febre amarela nos EUA”. UOL, 18 de fev. de 2018. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2018/02/18/brasileiros-procuram-muito-e-pagam-carro-por-vacina-de-febre-amarela-nos-eua.htm> . Acesso em: 19 de mar. de 2021.

### **Atividade 3: Discutindo o uso de células tronco embrionárias**

Dando continuidade à exploração do uso das biotecnologias atualmente e o entendimento de como essas técnicas impactam na sociedade, o objetivo principal deste trabalho, a terceira atividade desta sequência didática consiste em um modelo de júri-simulado com eixo temático “Células-tronco embrionárias”.

O atual ensino de ciências, como explorado por Lima et al. 2019 em seu artigo “Educação em Ciências nos Tempos de pós-verdade”, está sendo moldado em uma visão reducionista, mantendo a visão modernista de ciência como neutra, linear, objetiva e salvacionista, o que tem como resultado a sua fragilização. Expor para o aluno somente o fato científico pronto, excluindo toda a rede de articulações que existem atrás desse fato, dificultam a compreensão da ciência como um todo.

Nesse sentido, as atividades de júri simulado têm potencial para propiciar aos estudantes a vivência da prática científica, no sentido de debater, posicionar-se e defender ideias, visto que a ciência é construída por meio da argumentação (Melo, 2019). Além disso, é uma forma de despertar maior interesse nos alunos, que precisam construir uma fundamentação teórica antes do júri, para serem capazes de defender seu ponto de vista no momento da avaliação, permitindo um aprofundamento teórico mais dinâmico.

No primeiro momento da atividade o professor deve introduzir o tema de forma geral. Depois, deve ser solicitado que os alunos façam pesquisas autônomas sobre o tema, explorando diversos recursos midiáticos e redes sociais. O professor poder indicar alguns materiais de leitura e apoio.

### **Sugestão de material para leitura dos alunos:**

- “A polêmica da utilização de células-tronco embrionárias com fins terapêuticos”. Revista da Associação Médica Brasileira, 2006. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-42302006000200001](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302006000200001) Acesso em: 20 de mar. de 2021.
- “A propósito da utilização de células-tronco embrionárias”. Estudos avançados, 2004. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142004000200017](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142004000200017) Acesso em: 20 de mar. de 2021.
- “Aborto e células-tronco embrionárias na campanha da fraternidade: ciências e ética no ensino da Igreja”. Revista Brasileira de Ciências Sociais, 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-69092010000300006&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-69092010000300006&script=sci_arttext) Acesso em: 20 de mar. de 2021.
- “Clonagem e células-tronco”. Ciência e Cultura, 2004. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252004000300014&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252004000300014&script=sci_arttext&tlng=pt) Acesso em 20 de mar. 2021.
- “Vida humana, mídia e mercado: uma perspectiva sociotécnica das pesquisas com células tronco embrionárias”. Estudos e Pesquisas em Psicologia. Disponível em <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revispsi/article/view/10470/8270> Acesso em: 20 de mar. 2021.

Após a leitura e estudo do material indicado e dos demais materiais encontrados pelos alunos, a turma deve ser organizada em três grupos: alunos a favor do uso das células tronco embrionárias, alunos contrários ao uso das células tronco embrionárias e alguns estudantes responsáveis por exercer o papel de “juiz”.

O professor irá mediar e incentivar a argumentação ao longo do júri simulado. Nesta proposta, o professor tem o papel de mediar as falas dos grupos e, ao longo das discussões, incitar a argumentação dos alunos. Para isso, sugerimos algumas perguntas para a turma, permitindo sua reflexão e aprofundamento durante o debate:



Possíveis perguntas desenvolvidas pelo professor	Respostas esperadas do grupo a favor da utilização	Respostas esperadas do grupo contra a utilização
Devido à sua capacidade de se diferenciar em qualquer tecido animal, as células-tronco podem ser consideradas uma possível cura para todas as doenças?	A sua alta capacidade de se diferenciar em diferentes tecidos tornam seu uso necessário, o que pode representar um avanço no desenvolvimento de cura de diferentes doenças, ainda não conhecidas.	Apesar da sua capacidade de diferenciação, a ciência ainda tem pouco conhecimento sobre suas capacidades de fato, sendo superestimadas e consideradas “salvação”, o que pode de fato não acontecer.
Sua alta capacidade de proliferação não torna o uso de células tronco um risco para o desenvolvimento de neoplasias (câncer)?	Caso a técnica seja aplicada de forma correta sua capacidade proliferativa não irá representar nenhum risco.	Sua capacidade de proliferação é um grande risco do seu uso, justamente por aumentar exponencialmente os riscos de desenvolvimento de neoplasias.
É correto o uso de células-tronco embrionárias, uma vez que o embrião será descartado ao fim do procedimento?	Os embriões utilizados para desenvolvimento das células-tronco muitas vezes vêm da fecundação in vitro e já não iriam desenvolver fetos.	O descarte desses embriões é um forte argumento para não utilizar essa técnica, uma vez que estamos lidando com vidas humanas.
O uso de DIU e anticoncepcional também não seria uma forma de descartar os embriões?	Os métodos contraceptivos realizam a mesma função de não permitir a formação dos embriões. Neste sentido, devemos aprovar o uso de células tronco uma vez que esses métodos são legais e amplamente utilizados.	Os métodos contraceptivos não agem da mesma forma do que as técnicas de uso de células tronco, o que justifica seu uso.

Questões desenvolvidas a partir da reportagem: “Para especialistas, a mídia superestima o poder das células-tronco”. Ciência e Tecnologia, Instituto Butantan e USP, 2007.

Disponível em: <http://usp.br/aun/antigo/exibir?id=1483&ed=125&f=15>. .

Ao final do júri-simulado, após uma longa argumentação dos alunos contrários e a favor, com a mediação do professor e a escolha de um dos grupos para ser o “vencedor”, feita pelos juízes, é esperado que os alunos tenham desenvolvido um profundo conhecimento científico e conceitual sobre o tema. Esse método de ensino permite que os alunos aprofundem sobre o tema, desenvolvam a capacidade de argumentação, além de promover a reflexão acerca das questões éticas e sociais que permeiam a utilização das células tronco embrionárias. Ainda, o professor deve realizar uma discussão para o fechamento da atividade, levantando as principais questões éticas e sociais do assunto, não com o intuito de defender ou não o uso dessa técnica, mas sim para permitir que os alunos entendam que nem tudo na ciência é linear e simples.

Após o debate, o professor deve entregar um quadro impresso para os alunos com as doenças crônicas mais comuns, como Diabetes mellitus tipo 1 e 2, doenças cardiovasculares (hipertensão arterial, doenças cardíacas como infarto, angina), hipercolesterolemia, distúrbios da tireoide (hipotireoidismo, hipertireoidismo), gota, câncer, reumatismo, glaucoma, obesidade, distúrbios psiquiátricos (depressão, esquizofrenia, ansiedade).

Nesse quadro, os alunos deverão marcar quais doenças têm histórico na sua família e, no campo “Outros”, os alunos poderão informar qual doença na família que não está na lista. Esta atividade deverá ser realizada em casa, em preparação para a atividade 4. A imagem abaixo mostra um modelo resumido desse quadro.

Qual seu histórico familiar de doenças?			
Doença	Sim	Não	Qual tipo
Diabetes melitus			
Doenças cardiovasculares			
Câncer			
Distúrbios psiquiátricos			
...			
Outros			

## **Atividade 4: Efeito Angelina Jolie, sequenciamento genético na prevenção de doenças.**

Para iniciar esta quarta atividade da sequência, será realizada a leitura em conjunto (professores e alunos) de uma reportagem sobre o tema “Efeito Angelina Jolie”, que será o eixo orientador desta atividade.

### **Sugestão de leitura:**

“O efeito Angelina Jolie nas startups de mapeamento genético”. Revista Exame, 2013. Disponível em: <https://exame.com/ciencia/o-efeito-angelina-jolie/> Acesso em: 20 de mar. de 2021.

A partir dessa leitura, será realizada uma discussão inicial sobre o caso em si. O professor deverá levantar questões que façam os alunos refletirem sobre o assunto e incitar o interesse e engajamento dos alunos na discussão do tema.

O quadro a seguir mostra algumas sugestões de questionamentos que podem ser trabalhados, mas entendemos que cada turma é diferente. Em algumas, o professor terá que intervir constantemente para estimular a discussão, enquanto em outras o professor deverá atuar de modo a manter o foco da discussão. Portanto, cada professor deverá adaptar as questões ao perfil da turma.

Questões a serem levantadas	Possíveis respostas e questionamentos
Vocês sabiam que é possível diagnosticar prováveis doenças a partir da análise do DNA?	Poderão surgir respostas diretas como sim, não ou nunca pensei sobre isso. Caberá então ao professor puxar e estimular a discussão com alguns outros exemplos.
Vocês concordam com a decisão da Angelina Jolie?	Mais uma vez poderão surgir respostas diretas como sim ou não. Nesse momento, o professor pode pedir aos alunos que se justifiquem. Possíveis respostas: Eu concordo porque o câncer é uma doença muitas vezes fatal e é melhor prevenir. Eu não concordo porque é uma cirurgia muito invasiva e sem contar que ela vai ter que repor hormônios, o que é prejudicial ao organismo.
Se você fosse o médico dela, você faria essa sugestão?	Mais uma vez poderão surgir respostas diretas como sim ou não. Nesse momento o professor deverá pedir aos alunos que expliquem o motivo de suas respostas. As respostas possíveis podem ser parecidas com as da questão anterior, ou podem surgir novas questões como custo de tratamento do câncer x custo de uma cirurgia eletiva. Efeitos colaterais de quimio e radioterapia.
Vocês conhecem os termos ooforectomia e mastectomia?	Aqui espera-se respostas diretas, sim ou não. Buscar os termos nos textos e, a partir do contexto, fazer com que os alunos façam inferências sobre o significado dos termos.
Quais os efeitos fisiológicos desses procedimentos?	Caso algum aluno tenha argumentado que seria necessário fazer a reposição de hormônios, fazer um link dessa resposta, e questionar os problemas de uma não reposição hormonal. O objetivo aqui é relembrar a fisiologia do sistema reprodutor feminino e, a partir desse conhecimento, os alunos terem mais base para tomada de decisão sobre o assunto.

A partir daí, o professor poderá retomar a coleta de dados realizada em casa para debater sobre o componente genético de várias dessas doenças e os sintomas que elas causam. A partir dos dados relatados pela turma, o professor pode levantar novamente as questões iniciais, mas neste momento direcioná-las aos alunos.

Questões a serem levantadas	Possíveis respostas
Se você tiver a oportunidade de mapear seus genes, para conhecer as doenças para as quais você tem predisposição, você faria?	Espera-se respostas sim ou não, mas com justificativas, por exemplo: 'Sim, pois se eu souber que tenho alta predisposição a determinada doença, vou adquirir hábitos que me ajudem a evitar ou retardar seu aparecimento'. Ou, 'Não, pois predisposição não quer dizer que terei a doença, então me preocupo atoa'.
E se você tivesse grandes chances de ter câncer de mama (meninas) ou de próstata (meninos), vocês retirariam esses órgãos?	Espera-se respostas sim ou não, mas com justificativas, por exemplo: Sim, pois existem formas de reconstruir a mama e é melhor prevenir um câncer do que curá-lo. Ou, não, pode ser que eu nem venha a desenvolver câncer, não vejo justificativa em retirar um órgão importante para minha vida sexual.

Com as respostas a estes questionamentos, novos poderão aparecer e temas como fatores ambientais na determinação de doenças, importância de hábitos saudáveis na prevenção de doenças e penetrância dos genes poderão emergir.

## Atividade 5: Manipulação genética e questões sociais

Com o objetivo de trabalhar manipulação genética e edição de genes, o professor deverá exibir alguns trechos do filme GATTACA (ou os alunos poderão ser orientados a assistir o filme completo em casa e fazer anotações dos trechos que acharam mais polêmicos). O filme aborda o assunto de manipulação genética de embriões para produzir bebês saudáveis, assim como determinação da predisposição a diferentes doenças através da análise do DNA e a separação de classes entre válidos (humanos modificados geneticamente) e inválidos (humanos que foram gerados pelos métodos tradicionais).

O objetivo desta atividade é discutir a manipulação genética e edição de genes, noções de CRISPR, além de abordar as questões éticas do sequenciamento genético e suas aplicações além da Medicina Personalizada. Dessa forma, o professor deverá discutir algumas nuances da ética envolvida na manipulação genética nos seres humanos. No quadro abaixo, sugerimos alguns questionamentos que podem ser feitos a partir do filme e os possíveis temas que os alunos podem levantar a partir deles.

Questões a serem levantadas	Possíveis respostas
Criaria uma forma diferente de discriminação e separação de classes ou só aumentaria as que já existem?	Espera-se respostas relacionadas com discriminação racial, cultural e eugenia.
Nas condições socioeconômicas mundiais atuais, vocês acham que todos terão igual acesso a essa tecnologia?	Espera-se respostas relacionadas com desigualdades sociais e, portanto, os ricos teriam amplo acesso à tecnologia e suas vantagens seriam ampliadas, adicionando vantagens genéticas às socioeconômicas que eles possuem.
Poderia haver alguma consequência política de manipulação?	Espera-se respostas como formação de super exércitos aumentando a dominação dos países ricos sobre os pobres.

Para finalizar esta atividade, será feita a leitura da matéria “Manipulação genética de embriões humanos gera debate ético.”, publicada no site O Globo (link de acesso disponibilizado no material de apoio), com o objetivo de aprofundar a discussão sobre sequenciamento e edição do material genético humano.

Neste momento, podem ser levantadas questões como “Quais possíveis consequências biológicas, no sentido de reprodução e perpetuação da espécie humana, que erros nessa manipulação podem gerar? Será que apareceriam nas próximas gerações? Ou só daqui a milhares de anos?”. A partir dessa discussão, pretende-se que os alunos tenham uma perspectiva mais ampla dessa tecnologia, pensando nas consequências para o indivíduo, mas principalmente para a espécie humana.

## Material de apoio:

- The 2020 Nobel Prize in Chemistry: How CRISPR-Cas9 Works. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=trQtaluD4>. Acesso em 18 de mar. 2021
- O efeito Angelina Jolie, um role playing para discutir genética humana e medicina personalizada no ensino médio. Revista Genética na Escola, 2021. Disponível em: [https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-ae006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be\\_475f694ecce9471b94401a1ae8e9115b.pdf](https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-ae006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_475f694ecce9471b94401a1ae8e9115b.pdf)  
Acesso em 18 de mar. de 2021.
- Uma ferramenta para editar o DNA. Pesquisa Fapesp, 2016.  
Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/uma-ferramenta-para-editar-o-dna/>.  
Acesso em 20 mar. de 2021.
- O Impacto ético das novas tecnologias de edição genética. Revista Bioética, 2016.  
Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/bioet/v25n3/pt\\_1983-8042-bioet-25-03-0454.pdf](https://www.scielo.br/pdf/bioet/v25n3/pt_1983-8042-bioet-25-03-0454.pdf).  
Acesso em 20 de mar. de 2021.
- Haide Maria Hupffer, H.M. & Berwig, J.A. A tecnologia CRISPR-CAS9: da sua compreensão aos desafios éticos, jurídicos e de governança. Revista de Ciências Jurídicas Pensar. 2020.  
DOI 10.5020/2317-2150.2020.9722.
- Sequenciando genomas. Ciências genômicas: fundamentos e aplicações. 2016.  
Disponível em:  
<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18497/material/Sequ%C3%A0nciamdo%20genomas.pdf>.  
Acesso em 20 mar. de 2021
- Manipulação Genética de embriões humanos gera debate épico”. O Globo, 2015.  
Disponível em:  
<https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/manipulacao-genetica-de-embrioes-humanos-gera-debate-etico-15960869>  
Acesso em 20 de mar. de 2021.

## Atividade 6: O que aprendemos?

Com o objetivo de concluir os temas trabalhados nesta sequência e avaliar o que foi aprendido pelos alunos, o professor pode sugerir a produção de materiais de divulgação científica pelos alunos, que serão divididos em grupos. Para tal, os estudantes deverão escolher uma das atividades ou um dos temas trabalhados ao longo do processo para produzirem algum material para a sociedade, que poderá ser divulgado nas redes sociais (pensando na realidade do ensino remoto) e/ou no espaço físico da própria escola.

Para o desenvolvimento desta atividade, o professor deve sugerir alguns formatos que podem ser utilizados pelos estudantes, além de permitir a livre produção dos alunos, contando com sua criatividade e exploração das diversas plataformas de produção de conteúdo atuais.

### Possíveis plataformas e formatos utilizados:

- Press release;
- Plataforma canva;
- Jogos interativos;
- Perguntas de mitos e verdades;
- Redes sociais: post no Instagram, Facebook, Youtube.

Ainda nesse trabalho final, para que o professor consiga avaliar de fato o nível de aprofundamento que foi alcançado com as atividades propostas, deverão conter alguns tópicos com questões principais, desenvolvidas e exploradas nos materiais produzidos pelos alunos.

Tópico a ser abordado	O que se espera dos alunos
Qual técnica biotecnológica ou qual tema foi escolhido pelo grupo? Por que?	É esperado que o aluno crie um título chamativo e uma breve introdução, com no máximo um parágrafo, explicando sobre o tema escolhido e o motivo da escolha.
No que consiste essa técnica e como ela funciona?	Espera-se que o aluno explique o tema ou a técnica escolhida. Nesse sentido, dependendo da plataforma e modelo adotados para desenvolvimento do trabalho, os estudantes podem se valer de vídeo-aulas publicadas no youtube, textos informativos, infográficos, ou produzir seu próprio esquema e/ou texto para explicação. Cabe ao professor avaliar a qualidade do material produzido, corrigindo eventuais erros.
Quais as aplicações desta tecnologia na medicina e/ou na indústria?	Neste tópico, os alunos devem explicar sobre as aplicações da técnica biotecnológica escolhida na sociedade, com o objetivo de conscientização e aproximação com o público.
Possíveis debates e questões éticas envolvidas no tema escolhido	Aqui, espera-se que os estudantes avaliem as questões éticas dos temas, amplamente trabalhadas em sala de aula nas quatro atividades propostas nesta sequência didática. Devido ao formato de divulgação científica, é importante que as questões éticas sejam bem exploradas,

Esta atividade final trata-se de uma produção extraclasse e poderá ser feita em dupla, em trio ou em grupos maiores, conforme o tamanho da turma. O objetivo é que esses materiais sejam produzidos e, após revisão do professor, publicados na rede social oficial da escola. Não é um trabalho com modelo fixo, o que permite que os estudantes utilizem a criatividade para o desenvolvimento, podendo produzir trabalhos incríveis de divulgação, que podem ser inclusive aproveitados pelo professor e outros profissionais da escola ou de outras instituições.

### Material de apoio:

“5 passos para criar um press release”. SciELO em perspectiva, 2020.

Disponível em: <https://pressreleases.scielo.org/sobre/normas-para-publicacao/>.

Acesso em 20 de mar de 2021.

## Referências Bibliográficas

Bernardes, Andrea. *Biotecnologia: proposta de sequência didática de ensino investigativa como material de apoio para professores do ensino médio*. Tese de Mestrado profissional, Universidade de Brasília, Go, Brasil. 2019. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/37340>.

Brito, Brenda Winne da Cunha Silva, Brito, Leandro Tavares Santos, Sales, Eliemerson de Souza. Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de ciências e biologia. *Revista Vivências em Ensino de Ciências*. 2ª edição especial. v. 2. n.1. p. 54-60, 2018. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/vivencias/article/view/238687>

Carrer, Helaine; Barbosa, André Luiz; Ramiro, Daniel Alves. Biotecnologia na agricultura. In: Dossiê Biotecnologia. *Estudos avançados*. São Paulo, 2010, v. 24, n. 70, p. 149-164. <https://www.scielo.br/pdf/ea/v24n70/a10v2470.pdf>.

Carvalho, Ítalo Nascimento. Nunes-Neto, Nei Freitas. El-Hani, Charbel N. Como Selecionar Conteúdos De Biologia Para O Ensino Médio? *Revista de Educação, Ciências e Matemática*. Rio de Janeiro. v.1 n. 1, 2011. p. 67-100. <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/1588>

Lima 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*, 2019. p. 155 - 189. [https://www.researchgate.net/publication/332893268\\_Educacao\\_em\\_Ciencias\\_nos\\_Tempos\\_de\\_Pos-Verdade\\_Reflexoes\\_Metafisicas\\_a\\_partir\\_dos\\_Estudos\\_das\\_Ciencias\\_de\\_Bruno\\_Latour](https://www.researchgate.net/publication/332893268_Educacao_em_Ciencias_nos_Tempos_de_Pos-Verdade_Reflexoes_Metafisicas_a_partir_dos_Estudos_das_Ciencias_de_Bruno_Latour)

Malajovich, Maria Antonia. *Biotecnologia*. 2ª ed, Rio de Janeiro. 2016. [https://www.academia.edu/36412650/MARIA\\_ANTONIA\\_MALAJOVICH\\_BIOTECNOLOGIA\\_Segunda\\_Edi%C3%A7%C3%A3o\\_2016](https://www.academia.edu/36412650/MARIA_ANTONIA_MALAJOVICH_BIOTECNOLOGIA_Segunda_Edi%C3%A7%C3%A3o_2016)

Melo, Viviane Florentino, “O uso de júri simulado como metodologia de ensino ativa”. *Nova Escola*, 2019. <https://novaescola.org.br/conteudo/18041/o-uso-de-juri-simulado-como-metodologia-de-ensino-ativa>

Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Versão final. Brasília: MEC, 2018. [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)

Oliveira, L. G. Utilização de um Livro Paradidático como ferramenta pedagógica no desenvolvimento do ensino por investigação: proposta de uma sequência didática para o ensino de Genética no 9º ano do Ensino Fundamental. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil, 2012.

Rodriguez, Andrei Steven Moreno, & Del Pino, José Claudio. Abordagem ciência, tecnologia e sociedade (CTS): perspectivas teóricas sobre educação científica e desenvolvimento na América Latina. *Tear. Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*., v. 6, n. 2. 2017. <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/2490>.

Santos, Wildson Luiz Pereira dos, & Mortimer, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Revista Ensaio*. v.02. n.02. p.110-132, 2000.

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172000000200110](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172000000200110)

Schenberg, Ana Clara Guerrini. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. In: Dossiê Biotecnologia. *Estudos avançados*. São Paulo, v. 24, n. 70, p. 07-17, 2010.

<https://www.scielo.br/pdf/ea/v24n70/a02v2470.pdf> .

Zabala, Antoni. Os enfoques didáticos. In: Coll, César. Martín, Elena; Mauri, Teresa et al. *Construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 2006. p.p.153 - 196.

<https://un.cbaditaportila.pro/3205.html>