



Biotecnologia para professores do Ensino Médio

AUTORAS: ANDRESSA KOHLER E LUCY ONO



**ANDRESSA KOHLER
LUCY ONO**

Biotecnologia para professores do Ensino Médio

Curitiba, 2025



Agradecimentos

Ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO/UFPR), dentro do qual este recurso educacional foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado de Andressa Kohler, orientada por Lucy Ono, no Setor de Ciências Biológicas da UFPR.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) -Brasil - Código de Financiamento 001, que financia o PROFBIO.

Ao Pedro Vidal, por seu auxílio no desenvolvimento do jogo de RPG "The Mistery: Salvando Vidas" contido neste e-book.



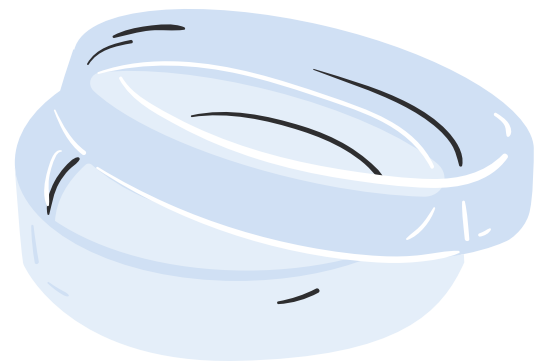
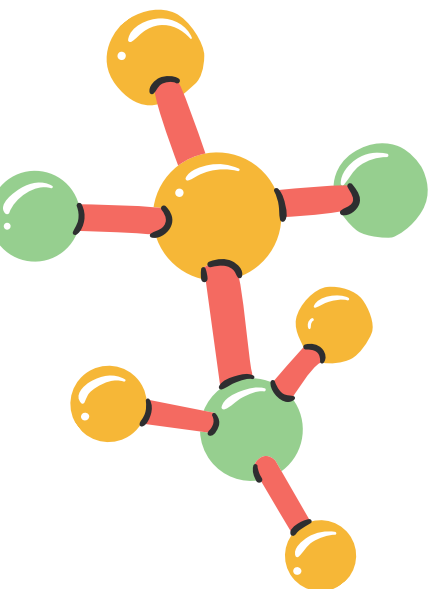
PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia



Biotecnologia para professores do Ensino Médio

Olá professor(a), este material foi desenvolvido como recurso educacional com o intuito de auxiliar suas aulas com conhecimentos na área de biotecnologia e atividades com metodologias ativas no Novo Médio. Há ainda uma sequência didática investigativa sobre DNA recombinante. Portanto, não visa fins lucrativos e não deve ser comercializado.

Atenciosamente,
Mestranda Profa Andressa Kohler e
Profa Dra Lucy Ono
PROFBIO/UFPR



PREFÁCIO

O conteúdo deste material serve como um auxílio para professores de biologia que estão, de alguma forma, trabalhando conteúdos relacionados às áreas de conhecimento da biotecnologia.

São 8 capítulos que objetivam auxiliar a prática docente em relação aos conteúdos da biotecnologia no Ensino Médio, buscando utilizar a abordagem investigativa de ensino.

Este é uma ferramenta que se baseia na construção do conhecimento pautado nos passos do método científico, que busca fazer com que o estudante questione um problema e busque levantar hipóteses para resolvê-lo, confrontando-as com base em resultados, discutindo e chegando a conclusões científicas.

Todos os capítulos apresentam a seção “Como trabalhar o tema”, que traz ideias de como o docente pode fazer da sua aula um momento investigativo, que perpassa pelo levantamento e contestação de hipóteses, buscando trabalhar sobre problemas e conteúdos relacionados à vida cotidiana.

Além disso, o(a) professor(a) tem indicações de artigos, documentos para leitura e vídeos que podem servir para o aprimoramento da aprendizagem dos estudantes e do aprofundamento do conhecimento do próprio professor.

O documento normativo de 2018 que define as aprendizagens essenciais na educação básica, perpassando por todos os níveis de ensino, é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Nela há o tópico Ciências da Natureza e suas tecnologias que compila os componentes de biologia, física e química.

Nessa área de ensino, é proposto que o(a) estudante seja preparado para se tornar crítico e passível de tomar iniciativa para propor soluções e resolver problemas da vida cotidiana.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

**O ENSINO POR ABORDAGENS
INVESTIGATIVAS**

p. 8

CAPÍTULO 2

BIOTECNOLOGIA: CONTEXTO E HISTÓRICO

P. 12

CAPÍTULO 3

ÁREAS DE ATUAÇÃO DA BIOTECNOLOGIA

p. 25

CAPÍTULO 4

VACINAS

p.45

CAPÍTULO 5

TESTES DE DNA

P.58

CAPÍTULO 6

CÉLULAS-TRONCO E CLONAGEM

p. 67

SUMÁRIO

CAPÍTULO 7

A TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

p. 78

CAPÍTULO 8

SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA NO
ENSINO DA TECNOLOGIA DO DNA
RECOMBINANTE

p. 82

No capítulo 8 você terá disponível um material que compreende a uma sequência didática investigativa, que possui em sua estrutura um jogo de RPG. Esse material possibilita que seus estudantes tenham que pensar em soluções para resolver problemas apresentados

CAPÍTULO 1

O ensino por abordagens investigativas



O ensino por abordagens investigativas

Já é sabido que a educação não é um processo com receita pronta e que a complexidade está em cada etapa. E nesse sentido o professor é uma figura central, que serve como um pilar do planejamento desse processo.

Ele deve ser um mediador do conhecimento, que estimule o aluno a desenvolver seus conhecimentos dentro de um parâmetro de apropriação científica.



Nesse sentido, o uso de metodologias ativas que coloquem o estudante como participante da construção do conhecimento, é fundamental.

A utilização do ensino com abordagem investigativa é uma ferramenta de grande utilidade. Esta, por sua vez, caracteriza-se por uma sequência de atividades que buscam a resolução de um problema, com condições para que os estudantes explorem possíveis variáveis, chegando a conclusões e conseguindo sistematizá-las.

Essa concretização do ensino com abordagem investigativa culmina com os passos do método científico, colocando o aluno frente a um

problema, e fazendo com que ele participe da resolução através do levantamento de hipóteses.



O ensino com abordagem investigativa em conteúdos de biologia serve como um recurso estimulador que, com o auxílio da ludicidade, viabiliza uma maior sensibilização e envolvimento durante a realização de atividades.

O aluno acaba com uma visão distorcida do pensamento científico quando lhe é atribuído conteúdo sem a resolução de problemas. Pois o objetivo da investigação é justamente desenvolver a capacidade de raciocínio e argumentação em situações novas e/ou atípicas.

Percebe-se que esse tipo de abordagem vem de encontro com o desenvolvimento de diversas competências e habilidades no estudante, fazendo-o participar do processo de aprendizagem, não sendo mais mero receptor de informações.

O ensino por abordagens investigativas

Diante disso, é possível afirmar que essa ferramenta potencializa a aprendizagem, e busca desenvolver e permitir o pensamento autônomo.

Nas ciências exatas e biológicas, resolver problemas e ter o pensamento crítico é essencial, portanto, buscar tornar as aulas investigativas é um passo fundamental.



Abaixo estão disponíveis alguns links de artigos para se aprofundar no assunto:

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: EIXOS ORGANIZADORES PARA SEQUÊNCIAS DE ENSINO DE BIOLOGIA

<https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s06>

TRIVELATO, S.L.F.; TONIDANDEL, S.M.R. Revista Ensaio, v. 17, p. 97-114, 2015.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040>

CARVALHO, A.M.P. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, V. 18(3), p. 765-794, 2018.

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A ARGUMENTAÇÃO EM AULAS DE CIÊNCIAS NATURAIS

<https://repositorio.usp.br/directbitstream/0c539931-f68d-4ecc-a8d1-ceee137f8e90/>

[O%20ensino%20por%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20e%20a%20argumenta%C3%A7%C3%A3o%20em%20aulas%20de%20ci%C3%Aancias%20naturais%20%282017%29.pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/0c539931-f68d-4ecc-a8d1-ceee137f8e90/O%20ensino%20por%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20e%20a%20argumenta%C3%A7%C3%A3o%20em%20aulas%20de%20ci%C3%Aancias%20naturais%20%282017%29.pdf)

SCARPA, D.L.; SASSERON, L.H.; SILVA, M.B. Revista Tópicos Educacionais, v. 23 (1), p. 7-27, 2017.



Referências do capítulo

CARVALHO, A. M. P. de. *et al.* **Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A.M.P. et al. **Ensino de ciências: Unindo a pesquisa à prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

FARIAS, S.A.; BORTOLANZA, A.M.E. Concepção de mediação: o papel do professor e da linguagem. **Profissão docente online**, Uberaba, v. 13, n. 29, p. 94-109, jul-dez. 2013. Disponível em: <https://revistas.uniube.br/index.php/rpd/article/view/626/713>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PINHO, F. G. de. **Atividade investigativas no ensino dos temas/conteúdos de biologia: genética, evolução e ecologia.** 2022. 206 p. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2022. Disponível em: <https://sistemas2.uespi.br/bitstream/tede/343/2>. Dissertação%20Completa.pdf. Acesso em: 1 jul. 2023.

CAPÍTULO 2

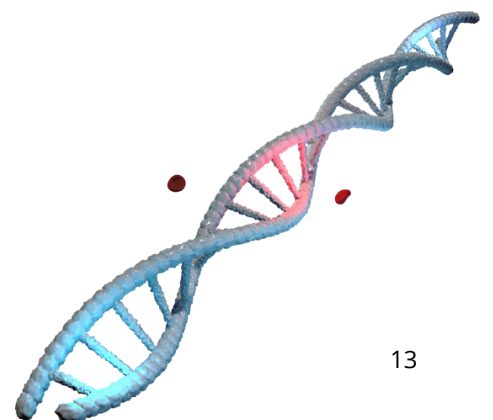
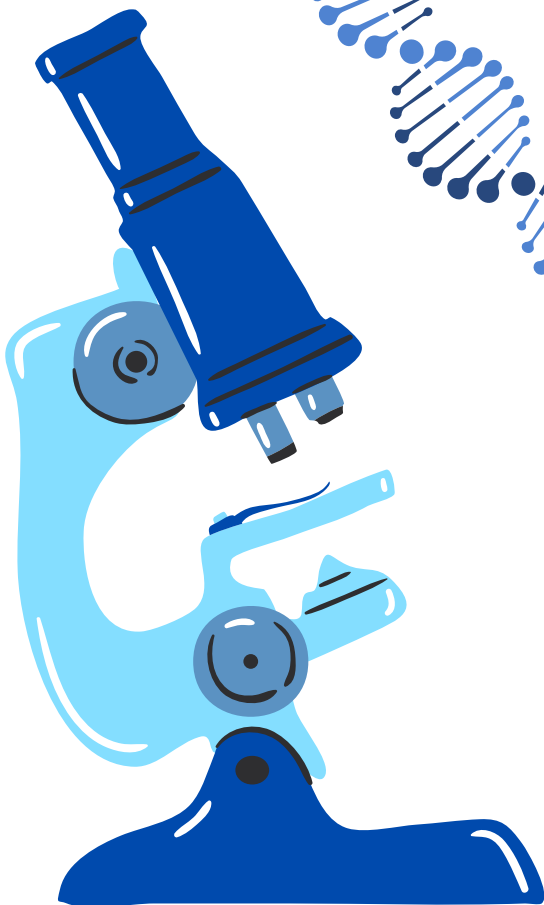
Biotecnologia: contexto e histórico



Mas afinal, o que é biotecnologia?



Biotecnologia é o ramo da Biologia que desenvolve tecnologias a partir de organismos vivos, ou matéria-prima a partir deles, baseado nos processos biomoleculares e celulares para criar ou modificar produtos e resolver problemas na sociedade (Pimenta, 2015).



UM POUCO DO HISTÓRICO



**2000 A.C. - EGÍPCIOS
EMPREGAM FERMENTAÇÃO
PARA FABRICAR PÃO**

**1857 - PASTEUR RELACIONA OS
MICRORGANISMOS E OS
PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO**

**[https://www.youtube.com/watch?
v=ZW5cdbQ5KJk&t=159s](https://www.youtube.com/watch?v=ZW5cdbQ5KJk&t=159s)**

VÍDEOS EDUCATIVOS. Microrganismos e produção de alimentos. YouTube, 4min23s, 2021. Acesso em 2024.

O vídeo que se encontra no link traz a importância dos processos fermentativos para o cotidiano e como os microrganismos estão relacionados a esses processos, de uma maneira lúdica e descontraída.



**1953 - DESCOBERTA DA
ESTRUTURA TRIDIMENSIONAL
DA MOLÉCULA DE DNA**

**[https://www.youtube.com/watch?
v=cKXQmxSxcPO](https://www.youtube.com/watch?v=cKXQmxSxcPO)**

FALA CIENTISTA. Rosalind Franklin: a cientista que descobriu a estrutura do DNA. YouTube, 10min26s, 2016. Acesso em 2024

O vídeo “ROSALIND FRANKLIN: A CIENTISTA QUE DESCOBRIU A ESTRUTURA DO DNA traz a história da brilhante cientista que aprimorou a técnica de cristalografia dos raios-x.

**6000 A.C. - INÍCIO DA FERMENTAÇÃO
DE GRÃOS POR SUMÉRIOS E
BABILÔNICOS**



**1675 - LEEUWENHOEK DESCREVE A
EXISTÊNCIA DE SERES MINÚSCULOS**

**[https://www.youtube.com/watch?
v=y84l4lovv_U](https://www.youtube.com/watch?v=y84l4lovv_U)**

MICRO MUNDO. Como foram descobertos os microrganismos? - resumo e destaques. YouTube, 6min27s, 2021. Acesso em 2024.

O link traz um vídeo sobre a descoberta dos microrganismos, e especialmente como Leeuwenhoek descreveu as bactérias. Conta ainda com uma reflexão histórica sobre o confronto entre as teorias sobre a origem da vida.

**1928 - ALEXANDER FLEMING
DESCOBRE A PENICILINA**

**[https://www.youtube.com/watch?
v=BzW-kUbmpv4](https://www.youtube.com/watch?v=BzW-kUbmpv4)**

MINUTOS PSÍQUICOS. A descoberta da penicilina: uma revolução sem querer querendo. YouTube, 3min15s, 2016. Acesso em 2024.

Imaginar um mundo sem antibióticos para combater uma infecção causada por um simples corte ou dor de garganta é improvável. Porém a descoberta desse medicamento aconteceu por acaso, e o vídeo citado no link retrata essa história.

UM POUCO DO HISTÓRICO



1982 - APROVADO O USO DE INSULINA RECOMBINANTE

<https://www.youtube.com/watch?v=ftm1xNhzfo8>

GENEVOL UFS. T3 - Uso da biotecnologia na produção de insulina. YouTube, 5min03s, 2023. Acesso em 2024.

A insulina humana foi o primeiro produto recombinante comercializado no mundo, e o vídeo relacionado ao link apresenta um pouco dessa história.

1996 - PRIMEIRO MAMÍFERO CLONADO - OVELHA DOLLY



<https://www.youtube.com/watch?v=c-OYoMysEKE&t=260s>

ON CIÊNCIA. Clonagem. YouTube, 6min34s, 2021. Acesso em 2024.

O vídeo associado ao link traz explicações sobre o que é clonagem reprodutiva e terapêutica e pontua o marco histórico da clonagem da ovelha Dolly, primeiro mamífero clonado no mundo.



1972 - DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DO DNA RECOMBINANTE



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

INSTANTE BIOTEC. Cortar, colar e clonar! O que é a Engenharia Genética? #InstanteBiotec 66. YouTube, 4min34s, 2019. Acesso em 2024.

A engenharia genética como início da biotecnologia moderna, com a tecnologia do DNA recombinante é um marco na ciência. Esse vídeo traz esse histórico.

1983 - DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DE PCR - REAÇÃO EM CADEIA DA POLIMERASE



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

YÁSKARA FREIRE. Aula PCR e animação 3D. YouTube, 2min25s, 2015. Acesso em 2024.

A reação em cadeia da polimerase é muito útil em perícia forense, análises de paternidade e análises genéticas. O vídeo adicionado traz uma animação do processo em 3D que permite entender o funcionamento da técnica.



RECENTEMENTE



2015 - EDIÇÃO GENÉTICA BEM-SUCEDIDA EM EMBRIÕES HUMANOS UTILIZANDO A TÉCNICA CRISPR-CAS9

<https://www.youtube.com/watch?v=EGgOpyKm6oQ&t=286s>

CIÊNCIA TODO DIA. Como o CRISPR Funciona? (Edição Genética Explicada). YouTube, 10min49s, 2022. Acesso em 2024.

A técnica CRISPR-CAS9, em que CRISPR significa conjunto de repetições palindrômicas curtas e regulamente espaçadas e, Cas9 se refere a uma enzima, uma nuclease que corta as duas fitas da dupla hélice do DNA, abrindo o espaço para a inserção de um novo trecho, é uma técnica que permite editar o DNA, e que vem passando por muitas reflexões éticas. O vídeo do link traz essas reflexões.

2020 - DESENVOLVIMENTO DE VACINAS CONTRA A COVID-19 UTILIZANDO TECNOLOGIAS DE RNA MENSAGEIRO

<https://www.youtube.com/watch?v=5yZlmk2E4VY&t=8s>

YALE SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. Vacinas de mRNA - Como funcionam as vacinas de mRNA da COVID. YouTube, 3min10s, 2022. Acesso em 2024.

Vacina de RNA consiste em uma tecnologia que se demonstrou eficaz na pandemia do COVID 19. O vídeo do link traz a explicação de como se dá o funcionamento desse tipo de técnica, importante para a biotecnologia moderna.

2003 - CONCLUSÃO DO PROJETO GENOMA HUMANO IDENTIFICANDO CERCA DE 20000 GENES HUMANOS

<https://www.youtube.com/watch?v=1A1WgINx5ao&t=168s>

VIDEO AULAS NET. O projeto genoma humano. YouTube, 7min26s, 2017. Acesso em 2024.

O projeto genoma humano teve por objetivo sequenciar as bases nitrogenadas do DNA humano e seu funcionamento relacionado à síntese proteica e ao mapeamento dos genes. O vídeo colocado traz esse histórico, importante para a compreensão do processo.



2017 - PRIMEIRA TERAPIA GENÉTICA APROVADA NOS EUA PARA TRATAMENTO DE CÂNCER

<https://www.bbc.com/portuguese/geral-41109338>

GALLAGHER, J. EUA aprovam 'droga viva', 1ª terapia contra câncer que reestrutura sistema imunológico do paciente. BBC News Brasil, 31 ago. 2017, acesso em 2024.

O link traz a notícia intitulada: EUA aprovam “droga viva”, 1ª terapia contra câncer que reestrutura sistema imunológico do paciente - da BBC News Brasil, de 2017, que conta ser um marco histórico na produção de leucócitos modificados sob medida retirados do próprio paciente, para remissão do câncer.

UM POUCO DO HISTÓRICO

Nos primórdios das civilizações já se têm registros de processos de manipulação de seres vivos, referentes à biotecnologia, principalmente relacionados a processos fermentativos de pães e vinhos. Registros datam essas experiências entre 4 e 6 mil anos atrás.

O povo egípcio aperfeiçoou as técnicas de fermentação, que até então eram processos acidentais na natureza, para utilizar na produção de vinhos, cerveja e, principalmente, o pão.

Em 1675, Anton Van Leeuwenhoek utilizou um microscópio rudimentar para observar material de seus próprios dentes, e chamou os pequenos corpos em movimento, hoje conhecidos como microrganismos, de animálculos.



Nesse cenário biotecnológico, em 1928, ocorreu uma descoberta por acaso, que culminou no tratamento de diversos tipos de infecções, utilizado até hoje. Alexander Fleming, cientista e bacteriologista escocês, estudando culturas bacterianas, percebeu uma substância que crescia ao entorno e inativava as bactérias. Era um fungo do gênero *Penicillium*, que deu origem a penicilina, um dos antibióticos mais conhecidos.



Rosalind Franklin (1920-1958) era conhecida pela utilização de técnicas de cristalografia com raios-X para estudar moléculas de carbono e teve uma história considerada injusta por muitos.

Enquanto vários nomes conhecidos no meio científico buscavam entender a estrutura do DNA, com suas técnicas, Franklin media átomos e descobriu que o DNA era uma dupla-hélice em sentido antiparalelo, com os grupos fosfato para o lado externo.

Os resultados experimentais acabaram chegando a Watson e Crick, que ficaram conhecidos por descobrir a estrutura da molécula.

Em 1962, Watson, Crick e Wilkins ganhariam o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina, quando ela já havia falecido em decorrência de um câncer.

Nesta linha de descobertas relacionadas à biotecnologia, vem uma das mais revolucionárias, a técnica do DNA recombinante.

Em 1980, Paul Berg, professor da Universidade Stanford (EUA) foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química, pelo reconhecimento a seu trabalho pioneiro. Em 1972 produziu uma molécula híbrida de DNA com sequências de DNA de bactéria e de DNA de um vírus que infecta macacos (SV40).

UM POUCO DO HISTÓRICO

A técnica abriu novos horizontes. A insulina, hormônio de controle de glicose no sangue, é essencial para manter-se saudável, e quem é acometido por diabetes, necessita do hormônio sintetizado em laboratório. Para isso, há processos com a técnica DNA recombinante, que permitem a produção da proteína em um tempo menor do que usar mamíferos para executar sua produção, como bovinos ou suínos, que já foram utilizados nesse tipo de execução. E nesse cenário, a produção foi aprovada em 1982.

Ainda na década de 80, foi desenvolvida a PCR - *Polymerase Chain Reaction*, ou Reação em Cadeia da Polimerase, técnica na qual se produzem rapidamente milhões de cópias de um fragmento específico de DNA.



Com ela, mesmo tendo pouca amostra de um material coletado para possível análise, como em casos forenses, é possível continuar os estudos com as cópias formadas.

A partir do uso de pequenos fragmentos de DNA sintético, chamados de *primers*, é possível selecionar um segmento do genoma que se pretende amplificar e depois de vários ciclos da síntese deste fragmento de DNA, ele é amplificado.

Quem criou essa técnica foi o bioquímico estadunidense Kary Mullis, em 1983.

Em meio a tantas possibilidades, o mundo ficou chocado em 1997 com a notícia da clonagem do primeiro mamífero, a ovelha Dolly.

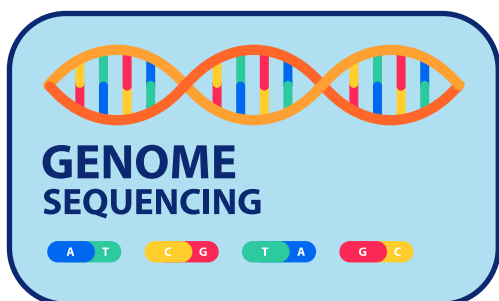


Foi retirada uma célula de glândula mamária de uma ovelha que se pretendia clonar (célula doadora), retirado seu núcleo e implantado o núcleo da ovelha que se pretendia clonar. Depois o embrião gerado dessa forma foi implantado em uma “barriga de aluguel”. E assim em meio a 277 embriões clonados, Dolly foi o único a nascer vivo. Ela ainda deu à luz seis bebês antes de morrer de doença pulmonar aos 6 anos de idade.

UM POUCO DO HISTÓRICO

A clonagem dela mudou a percepção dos cientistas e os fez investir nas pesquisas com células-tronco.

Em 2003 foi concluído o PROJETO GENOMA HUMANO, como ficou conhecido, que teve como objetivo o sequenciamento de 3,1 bilhões de bases nitrogenadas do genoma humano e que permitiu ampliar tecnologias na área médica, mudanças significativas na área da genética e epigenética, corroborando com avanços no diagnóstico e tratamento de diversas patologias, baseado nas características genéticas singulares de cada indivíduo.



Com a biotecnologia sempre haverá estudos e técnicas recentes na busca de produtos que, de alguma maneira, possam auxiliar aos humanos, principalmente no que se diz respeito a área médica.

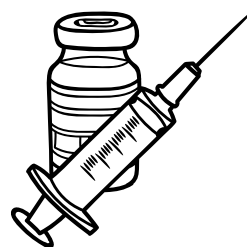
Uma das tecnologias mais recentes é a terapia genética contra o câncer, já aprovada, que busca eliminar a doença com o uso de células de defesa do próprio paciente, modificadas geneticamente.

Basicamente há a coleta de linfócitos T do sangue do próprio paciente, que passam por um processo laboratorial de inserção do gene CAR (receptor de antígeno quimérico, que reconhece células cancerígenas) e combater o câncer. Essas células modificadas são chamadas agora de CAR-T e são introduzidas no paciente. Atualmente o tratamento demonstra resultados positivos e só pode ser utilizado em pessoas com leucemia linfóide aguda, linfoma não-Hodgkin e mieloma.

E para concluir alguns fatos históricos e envolventes da biotecnologia, não há como deixar de falar das vacinas de RNA, popularizadas na pandemia da Covid 19 e alvo de muitas *fake news* (notícias falsas).

Os cientistas utilizam o mRNA (RNA mensageiro) sintético, que tem por finalidade ensinar ao organismo a fabricar temporariamente a proteína S do SARS-CoV-2, responsável pela ligação do vírus com as nossas células. Assim, nossas células iniciam a defesa imunológica, permitindo proteção quando necessitarmos.

Portanto, essas vacinas são seguras e não causam danos à saúde, pelo contrário, são eficazes na prevenção da invasão do vírus ao corpo.



ONDE ESTÁ?



Desenvolvimento de bioprodutos, como plantas, fertilizantes, proteínas.



Vacinas, como as da COVID-19 e medicamentos como insulina humana.



Produtos transgênicos como alimentos.



Desenvolvimento de biocombustíveis, como biodiesel e etanol.



Desenvolvimento de produtos recombinantes, como fatores de coagulação.



Dentre outras ações que utilizam a manipulação de seres vivos para obtenção de serviços e produtos relacionados ao cotidiano, como pães, bebidas fermentadas, adubos, pesticidas, combustíveis, enzimas, medicamentos, cosméticos, dentre outros.



01

Busque iniciar a temática da biotecnologia colocando problemas relacionados ao cotidiano. Uma possível ideia é trazer a temática de alimentação, como a produção de queijos, fermentos, iogurte, vinho e cerveja caseiros. Os links possuem mais informações.

02

Os estudantes podem levantar suas hipóteses e confrontá-las através de uma pesquisa com pessoas na escola ou na própria comunidade buscando informações.

03

Uma experiência de fermentação pode ser realizada em sala ou no laboratório.



COMO TRABALHAR ESSE TEMA?

04

Para concluir, pode ocorrer uma roda de conversa em que os estudantes busquem atrelar o que todos esses processos da pesquisa têm em comum, buscando ressaltar a utilização de seres vivos na fabricação de produtos, destacando os princípios da biotecnologia.

05

Para registro, pode ser construída uma linha do tempo biotecnológica junto aos estudantes, com as datas e os principais eventos no decorrer desse histórico.

SUGESTÕES E LINKS

ATIVIDADE 1:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZW5cdbQ5KJk>

VÍDEOS EDUCATIVOS. Microrganismos e produção de alimentos. YouTube, 4min23s, 2021. Acesso em 2024.

01

O vídeo traz de uma maneira lúdica a utilização da biotecnologia na alimentação relacionada aos processos de fermentação.

<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-noticias/-/noticia/69703356/debate-discute-a-contribuicao-da-biotecnologia-na-industria-de-alimentos>

01

VICENTE, M. Debate discute a contribuição da biotecnologia na indústria de alimentos. Embrapa Solos, 13 abr. 2022. Acesso em 2024.

Esta notícia da EMBRAPA de 2022 traz uma reflexão acerca de debates que discutem a contribuição da biotecnologia na indústria de alimentos, e pode ser útil durante o desenvolvimento da atividade 1.

ATIVIDADE 3:

<https://corujabiologa.wordpress.com/2017/11/21/vamos-fazer-uma-experiencia-fermentacao-bexigas/>

MORAES, N. Vamos fazer uma experiência? Fermentação + bexigas. Site Coruja Bióloga, 21 nov. 2017. Acesso em 2024.

03

O link traz o passo a passo de como realizar uma experiência de fermentação de maneira simples.

Referências do capítulo

ABRALE – Associação Brasileira de linfoma e leucemia. Entenda como funciona a terapia CAR-T, que promete revolucionar o tratamento contra o câncer. **Portal da Abrale**. 27 fev. 2024. Disponível em: terapiacar-t-que-promete-revolucionar-o-tratamento-contra-o-cancer/. Acesso em: 22 set. 2024.

CROPLIFE BRASIL. Biotecnologia: mais antiga do que parece. **Portal da CropLife Brasil**. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/a-biotecnologia-e-o-desenvolvimentoda-humanidade/>. Acesso em: 18 fev. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A Biotecnologia e você – os benefícios da biotecnologia para a sua qualidade de vida. **Portal da EMBRAPA**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/recursos-geneticos-e-biotecnologia/sala-de-imprensa/se-liga-na-ciencia/a-biotecnologia-e-voce>. Acesso em: 1 jan. 2024.

FIOCRUZ – Fundação Instituto Oswaldo Cruz. Alexander Fleming. **Portal da Fiocruz**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/Biograf/ilustres/alexander.html>. Acesso em: 17 set. 2024.

KOSSAVOVSKI, F. O excêntrico cientista por trás do teste de covid-19 utilizado como “padrão de referência”. **Site da National Geographic Brasil**. 26 fev. 2021. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2021/02/kary-mullis-cientistapor-tras-do-teste-de-covid-19-pcr-padrao-de-referencia>. Acesso em: 22 set. 2024.

LOPES, D.S.A; PESSOA, M.H.N.; SANTOS, R.S.; BARBOSA, M.S. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10(1), p. 234-245, 26 jul. 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5033102.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Vacinas de RNA são seguras! 23 out. 2023. **Portal do Ministério da Saúde do Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-com-ciencia/noticias/2023/outubro/vacinas-de-rna-sao-seguras>. Acesso em: 22 set. 2024.

Referências do capítulo

NEVES, K. Rosalind Franklin e o segundo lugar. **Ciência Hoje**, 2018. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/os-creditos-da-descoberta-da-estrutura-do-dna-sao-tao-confusos-quanto-as-relacoes-interpessoais-dos-envolvidos/>. Acesso em: 19 set. 2024.

PAINA, K. PCR – Polymerase Chain Reaction - Reação em Cadeia da Polimerase. 2024. **Portal da Êxodo Científica**. Disponível em: <https://exodocientifica.com.br/pcr-polymerase-chain-reaction-reacao-em-cadeiada-polimerase-ima/>. Acesso em: 22 set. 2024.

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

SBIm – Sociedade Brasileira de Imunologia. Vacinas de RNA mensageiro (mRNA). **Portal da SBIm**. 26 ago. 2021. Disponível em: <https://sbim.org.br/covid-19>. Acesso em: 22 set. 2024.

SILVA, L.H.; MAGALHÃES, P.; PINHEIRO, B.C.S. O Vinho no Egito Antigo: Uma Dose de História da Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 7 (2), p. 19-37, 26 dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.53003/redequim.v7i2.4095>. Acesso em: 17 set. 2024.

SOARES, J.A. Genoma humano: 20 anos do sequenciamento que revolucionou a ciência. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 5 (3), p. 1168-1189, jul. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372535988_GENOMA_HUMANO_20_anos_do_sequenciamento_que_revolucionou_a_ciencia. Acesso em: 22 set. 2024.

TAMMARO, R. Clonagem da ovelha Dolly completa 25 anos com novas possibilidades para a Ciência. **Jornal USP**. 30 jul. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/clonagem-da-ovelha-dolly-completa-25-anos-e-trouxe-novas-possibilidades-para-a-ciencia/>. Acesso em: 22 set. 2024.

USP – Universidade de São Paulo. Biotecnologia – histórico. **Portal do Curso de Bacharelado em Biotecnologia da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP**. Disponível em: <https://sites.usp.br/biotec-each/historico-2/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

CAPÍTULO 3

Áreas de atuação da Biotecnologia



Cores da biotecnologia



A biotecnologia didaticamente está atrelada a diferentes cores de acordo com sua área de pesquisa e estudo. Atualmente a Secretaria de Estado de Educação do Paraná (SEED-PR) traz em seu material de apoio ao professor essa divisão, principalmente na trilha de aprendizagem de Biotecnologia, no Itinerário de Ciências da Natureza, em que o conteúdo está destinado a diversas aulas, permitindo que o professor trabalhe com afincos essas especificidades. Comumente há 10 cores nessa organização: verde relacionada a processos da agricultura, vermelha relacionada à saúde, amarela envolvida com processos de melhoramento genético, preta ligada ao bioterrorismo, azul que busca pesquisas sobre questões marinhas, branca que busca soluções biotecnológicas industriais, roxa que envolve questões éticas, cinza que tem relação com recuperação de ecossistemas naturais, marrom ligada a recuperação de solos áridos e dourada, que tem intimidade com a bioinformática.



Cores da Biotecnologia

Verde

Relacionada a processos envolvidos com a agricultura

- Busca a modificação de plantas para seleção/modificação relacionada a características de resistência e produção e/ou a clonagem das mesmas.

Vermelha

Relacionada a todos os processos envolvidos com a área da saúde

- Busca o desenvolvimento de medicamentos para doenças crônicas e aprofundamento de terapias genéticas que envolvem até a modificação de genes defeituosos em condições genéticas raras.

Amarela

Relacionada a processos de melhoramento genético de alimentos

- Busca aumentar a quantidade e a qualidade de alimentos industrializados, visa a produção de enzimas, bioativos, vitaminas e moléculas que proporcionem uma gama nutricional vasta.

Preta

Relacionada ao trabalho de pesquisa com microorganismos para prática de bioterrorismo

- Busca combater práticas de terrorismo biológico com agentes biológicos que podem ser considerados desastrosos às diferentes formas de vida e ao meio ambiente.

Azul

Relacionada à utilização de recursos marinhos para o desenvolvimento de produtos

- Busca a utilização de produtos advindos de ambiente marinho para utilização no meio econômico e de desenvolvimento tecnológico. São exemplos a utilização de microrganismos, fungos, enzimas, moléculas extraídas de animais invertebrados, dentre outros.

Cores da Biotecnologia

Branca

Relacionada à utilização de processos biotecnológicos no ramo industrial

- Busca desenvolver tecnologias sustentáveis no que se diz respeito a processos industriais, através da síntese de biomoléculas, não atrelada a setores específicos.

Roxa

Relacionada à moralidade e à ética em processos biotecnológicos

- Busca mediar problemas éticos decorrentes de patentes e propriedade intelectual que envolvem processos biotecnológicos, já que estes estão relacionados a manipulação da vida.

Cinza

Relacionada à recuperação de ecossistemas naturais

- Busca desenvolver processos de recuperação de ambientes através de biorremediação que envolvem a degradação de produtos tóxicos em não tóxicos, com auxílio de organismos vivos.

Marrom

Relacionada a estudos de gestão e inovação de terras áridas e desérticas.

- Busca melhorar o desenvolvimento de tecnologias sobre as possíveis soluções na resolução de questões atribuídas às inseguranças alimentares e hídricas dos ambientes desérticos e áridos.

Dourada

Relacionada à criação de programas para análise de dados biológicos - bioinformática e nanotecnologia.

- Busca melhorar o processamento e manipulação de dados biológicos através da utilização de ferramentas computacionais que suportam um grande volume de dados.

01

Busque iniciar a aula apresentando aos discentes estudos de caso relacionados às diversas áreas da biotecnologia. Você pode criar histórias fictícias de momentos específicos baseado em problemas reais.

02

Apresente seus estudos de caso aos estudantes e instigue-os a levantar hipóteses de como a ciência pode ser útil em cada um deles.

03

Para confrontar suas hipóteses, apresente o jogo da memória biotecnológica e os faça jogar para que conheçam melhor as áreas da biotecnologia.

**COMO
TRABALHAR
ESSE TEMA?**

04

Converse com seus estudantes e procure perceber se relacionaram os seus estudos de caso iniciais com os do jogo. Você pode fechar a atividade solicitando lapbooks informativos, com as cores relacionadas das áreas da biotecnologia. Cada equipe pode fazer o seu trabalho com o cartaz colorido referente ao tema.

05

Para registro, pode ser construída uma linha do tempo biotecnológica junto aos estudantes, com as datas e os principais eventos no decorrer desse histórico.

Materiais para o professor



Ideias de situações para os estudos de caso e, abaixo, possíveis estudos de caso

- **Biotecnologia verde:** Baixa produtividade e resistência a pragas em produções agrícolas.
- **Biotecnologia vermelha:** Problemas genéticos graves que levam a dificuldades com relação à tratamentos hospitalares.
- **Biotecnologia amarela:** Busca de melhorias em processos fermentativos na produção industrial de bebidas.
- **Biotecnologia preta:** Ameaça de guerra biológica entre países com algum microrganismo específico modificado geneticamente.
- **Biotecnologia azul e cinza:** Vazamento de óleo em ambientes marinhos e contaminação de ecossistemas com espécies nativas. *(aqui, o objetivo é demonstrar que as áreas se correspondem, já que o caso se relaciona simultaneamente com duas áreas).*
- **Biotecnologia branca:** Uma epidemia local ou uma pandemia que necessite da produção de uma vacina.
- **Biotecnologia roxa:** Um dilema ético em um hospital.
- **Biotecnologia cinza:** Uma comunidade que depende de pesca e está sendo assolada por contaminação de metais pesados.
- **Biotecnologia marrom:** Uma comunidade que depende do solo para sobreviver, mas que devido à escassez de chuvas têm perdido sua produtividade com o solo árido.
- **Biotecnologia dourada:** Um problema tecnológico relacionado a leitura de bandas de DNA em procedimentos de eletroforese, prejudicando testes de paternidade.



Estudo de caso Biotecnologia Verde

Uma vila do interior da cidade de Serenópolis vivia de pequenas plantações de diversas culturas, que eram vendidas para a cidade e faziam o comércio do vilarejo girar. Porém, em certa época do ano e dali em diante, os trabalhadores começaram a ficar desolados por uma praga desconhecida que assolava suas culturas. Outro problema surgiu: a baixa produtividade das plantações remanescentes. O solo, exausto pelos anos de cultivo intensivo e pelo impacto das pragas, mal conseguia sustentar o crescimento saudável das plantas. E passaram alguns anos assim, sem que houvesse uma solução condizente com o caso, fazendo com que as famílias sofressem com a falta de dinheiro para seu sustento. Um dos trabalhadores da vila distante resolveu buscar ajuda e ultrapassar a agricultura tradicional, buscando auxílio nas novas tecnologias existentes. E agora a preocupação é com que tipo de ajuda eles poderiam contar.

Estudo de caso Biotecnologia Branca

Uma nova variante de vírus surge em uma área de uma pequena cidade. As autoridades locais e de saúde pública logo percebem as condições específicas dos casos que chegam às unidades de pronto atendimento e logo alertam a população quanto ao grande risco de contaminação, por propagação através de gotículas de saliva. Mesmo com precauções sendo tomadas, o microrganismo logo começa a se espalhar. Inicialmente ocorre uma epidemia local, e não demora muito para o caso se tornar uma pandemia. Isso leva a população mundial a uma preocupação constante e que leva a medo e pânico. A preocupação agora é de como deter as contaminações e o avanço da doença.

Estudo de caso Biotecnologia Vermelha

J. era uma boa mãe, porém um tanto ríspida no que se tratava a condições de saúde. Acreditava que na maioria dos casos as doenças se curam pelo próprio corpo e com a ajuda de chás caseiros relacionados à crenças centenárias. Seu filho P. se queixava de dor de garganta naquela tarde gelada e nas próximas também. A mulher oferecia chás e dizia que o garoto não poderia se resfriar que logo estaria curado. Aparentemente depois de duas semanas o menino parecia bem, levando sua rotina da mesma maneira que antes. Depois de algum tempo, ele começou a apresentar paralisia de membros inferiores junto a febre. A mãe assustada, correu com o menino ao pronto socorro, o qual foi atendido imediatamente. O médico internou-o e realizou diversos exames. O diagnóstico foi de febre reumática, e a mãe sem entender, pediu que falasse de maneira mais acessível. Então o profissional lhe explicou que uma bactéria estava relacionada à crise, e que isso estaria ligado a uma dor de garganta mal curada. Além disso, a doença teria que ser tratada e acompanhada por muitos anos. A preocupação da mãe agora era com que tipo de tratamento o filho poderia contar.

Estudo de caso Biotecnologia Preta

Um cientista especialista em engenharia genética faz diversos tipos de recombinações gênicas para testes com microrganismos. Recentemente em seu laboratório, ele tem testado recombinar um gene em uma bactéria mortal, para que a mesma possa ser utilizada na terapia contra o câncer, levando em consideração seu poder de penetração no corpo humano. Certo dia ocorreu uma falha técnica no laboratório, o que permitiu a invasão do local por um grupo terrorista, que estava de olho nas cepas de bactérias mortais, para utilizá-las como arma biológica. A população está assustada com a notícia.

Estudo de caso Biotecnologia Amarela

Em uma cidadezinha do interior, havia uma fábrica de bebidas artesanais que era apreciada por seus produtos. Porém, com a competição de mercado e inovação tecnológica, apesar de sua qualidade, a empresa vinha enfrentando problemas. No comando da fábrica estava o senhor C., um senhor que sabia muito sobre processos artesanais de fermentação, porém nunca havia feito especializações no assunto e, o que sabia, era devido ao fato de ter herdado conhecimento de seu falecido pai. C. fazia os mesmos processos fermentativos, de medição de pH, processos de privação de oxigênio que seu pai. Essa tradição era familiar e secular.

As vendas começaram a despencar aos poucos, e a preocupação aumentava. A dúvida era de como diversificar a qualidade dos produtos e manter a empresa.

Estudo de caso Biotecnologia Azul e Cinza

Um desastre ambiental marinho ocorreu nos arredores de uma ilha onde vive uma população que depende quase exclusivamente da pesca sustentável para sobrevivência. Um navio que por ali passava teve problemas mecânicos, o que ocasionou um vazamento de óleo na região. O incidente causou instantaneamente a morte de diversos animais do entorno. Porém, a população sabe que há risco de a contaminação permanecer causando estragos por muitos anos ao penetrar de forma persistente nos ecossistemas. A preocupação, é de como combater a contaminação e salvar o máximo de espécies possíveis para que o equilíbrio marinho não seja ainda mais afetado.

Estudo de caso Biotecnologia Roxa

Uma farmacêutica de tamanho pequeno, depois de vários anos de pesquisa e investimento em novas tecnologias, consegue chegar à fabricação de um produto inovador que utiliza a biotecnologia como base. Um fungo modificado é utilizado para a produção de princípio ativo no tratamento contra doenças infecciosas. A empresa está na fase final de testes, e um dos laboratoristas que tem vínculo com a farmacêutica é convidado a uma reunião com uma empresa de maior porte. Esta, oferece oportunidades diferenciadas de trabalho e condições financeiras mais vantajadas. O empregado aceita a proposta e, por querer fazer um trabalho que traga lucros a nova empresa, viola a ética e traz à tona o medicamento que ajudava a produzir na empresa antiga. Agora, as duas empresas brigam na justiça pela patente do medicamento.

Estudo de caso Biotecnologia Marrom

Um povo sofre com uma guerra que assola a população local e decide fugir dali para tentar reconstruir a vida. São dias de luta para conseguir sair do local, e muitos outros dias difíceis para conseguir chegar a outro país. No novo país há ainda a luta como refugiados, sem casa pra morar ou emprego para auxiliar na vida financeira. O governo local decide disponibilizar terras para que essa população possa viver de plantações e fazer girar seu próprio comércio. Porém, as autoridades enfrentam a dificuldade de a região ter um solo árido e desértico, e fica difícil ajudar, sendo esse o único local possível para realocar as famílias. "Como as famílias poderiam ser ajudadas na produção de alimentos nessa região?".

Estudo de caso Biotecnologia Dourada

Uma empresa voltada a pesquisas de engenharia genética com aplicação na medicina busca entender e intervir em uma condição genética, que acomete determinadas populações caucasianas que possuem um gene específico para suscetibilidade a problemas cutâneos. Para tanto, será necessária a coleta de DNA do máximo de amostras possíveis para comparar e poder gerar um padrão da expressão do gene associado às condições ambientais onde essas pessoas vivem. Para tanto, a empresa necessitará da criação de um banco de dados. Porém, como seus trabalhos são recentes, a preocupação é de como organizar esses dados, de modo que haja tabulação de expressões gênicas semelhantes no sistema computadorizado.





Jogo da memória biotecnológica



COMPOSIÇÃO E REGRAS

- O jogo é composto por cartas com os nomes de cada área da biotecnologia moderna (biotecnologia vermelha, azul, verde, amarela, branca, dourada, roxa, preta, marrom e cinza).
- Também há cartas com descrições de situações cotidianas/informações relacionadas a cada uma das áreas da biotecnologia.
- Sua tarefa é fazer os pares das áreas da biotecnologia com as situações correspondentes.
- PARA INICIAR, DEIXE TODAS AS CARTAS VIRADAS PARA BAIXO.
- O PRIMEIRO JOGADOR DEVE ESCOLHER DUAS CARTAS, FAZER A LEITURA E VER SE AS MESMAS SÃO CORRESPONDENTES. PARA SABER SE A CORRESPONDÊNCIA DA INFORMAÇÃO OCORREU, VOCÊ PODE CONSULTAR A IMAGEM QUE SEGUE JUNTO DO JOGO.
- SE NÃO FOREM, VOCÊ DEVE DESVIRAR E PASSAR PARA O OUTRO JOGADOR. SE SUAS CARTAS SE CORRESPONDEM VOCÊ DEVE CONTINUAR.
- Vence quem terminar com mais pares de cartas!!!

VOCÊ PODE UTILIZAR ESTA IMAGEM PARA FAZER AS CORRELAÇÕES.



Fonte: A autora, 2024.

**Biotecnologia
vermelha**



**Biotecnologia
branca**



**Biotecnologia
azul**



**Biotecnologia
verde**



**Biotecnologia
branca**



**Biotecnologia
cinza**



**Biotecnologia
dourada**



**Biotecnologia
vermelha**



**Biotecnologia
amarela**



**Biotecnologia
vermelha**



**Biotecnologia
amarela**



**Biotecnologia
verde**



**Biotecnologia
marrom**



**Biotecnologia
azul**



**Biotecnologia
preta**



**Biotecnologia
roxa**



**Biotecnologia
cinza**



**Biotecnologia
dourada**



Produção da vacina BCG
que serve pra prevenção das
formas mais agravantes de
tuberculose em humanos.



**Melhoramento genético de
plantas com o intuito de
afastar pragas agrícolas
com a adição de genes
específicos, que acabam
tornando-as resistentes a
pragas.**



**Melhoramento na produção
de algas marinhas com foco
em produtos palatáveis e
industriais, utilizando DNA
recombinante.**



**Melhoramento da qualidade
do solo em regiões como a
Caatinga visando o auxílio
de produtores locais,
através do uso de
microrganismos que
maximizam a absorção de
nutrientes, por exemplo.**



**O mal de Antraz é causado
por uma bactéria que pode
ser utilizada pelo
bioterrorismo, para busca
microrganismos ou agentes
químicos prejudiciais para
liberar no ambiente . A
bactéria pode causar desde
feridas cutâneas , náuseas,
dores relevantes e até a
morte.**



**O processo de fermentação
de queijos, vinhos e cervejas
já é um processo milenar
que vem sendo melhorado
com o avanço das
ferramentas tecnológicas,
seleção e modificação de
microrganismos.**



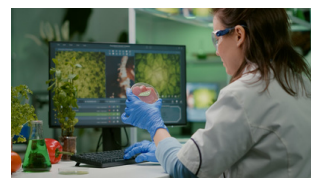
**É responsável pela
regulamentação de
patentes, questões éticas
morais relacionadas a todos
os tipos de biotecnologia.**



**A biorremediação é uma
técnica que se utiliza de seres
vivos para reduzir ou
eliminar contaminações no
meio ambiente, como exemplo
limpar um rio visando
transformar componentes
tóxicos em atóxicos.**



**É possível sequenciar o
genoma de uma pessoa
através de técnicas de
bioinformática. Sendo
possível conhecer a
propensão a determinadas
enfermidades , como fibrose
cística, uma doença
genética.**



A primeira insulina humana recombinante foi comercializada em 1982. A mesma é destinada à área médica e farmacêutica e auxilia no tratamento de pessoas com diabetes.



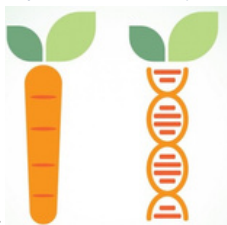
Técnicas que usam células vivas e microrganismos como leveduras, fungos, bactérias, e as microalgas para sintetizar produtos para gerar biomoléculas sustentáveis na indústria.



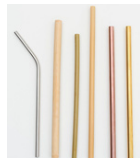
Com técnicas de bioengenharia, utiliza-se de um produto à base de colágeno para construção de membranas para queimaduras e úlceras da pele. Esse colágeno é extraído de esponjas marinhas.



Muitas culturas agrícolas possuem versões transgênicas no mundo para melhorar a aparência e produtividade. Abobrinha, ameixa, algodão, berinjela, beterraba, cana-de-açúcar, canola, feijão, mamão, milho e soja são exemplos.



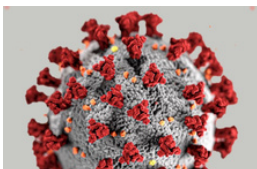
Um grupo de pesquisadores criou um novo canudo de papel. O canudo desenvolvido pela equipe não encharca, e é mais resistente aos canudos de papéis que costumamos a ver, composto por nanocelulose biodegradável.



Uma caixa que libera mosquitos machos *Aedes aegypti* geneticamente modificados para acasalar com as fêmeas e gerar somente novos descendentes machos, que não picam nem transmitem doenças é vendida para o público em geral.



Jaqueline Goes de Jesus, biomédica, foi uma das mulheres que coordenou a equipe do Laboratório Nacional de Computação Científica, que identificou variante P.2 do SARS-CoV-2. Esse trabalho de cruzamento de dados faz parte da biotecnologia.



O primeiro antibiótico que se sabe foi descoberto pelo médico inglês Alexander Fleming, ao perceber que amostras bacterianas tiveram seu crescimento inibido ao entrar em contato com fungos do gênero *Penicillium*. O mesmo ajudou pessoas a se curar de certas infecções bacterianas.



Kombucha é um chá fermentado, levemente efervescente e adoçado, comumente consumido por seus supostos benefícios à saúde intestinal. A fermentação é realizada por uma junção benéfica de fungos e bactérias não patogênicos.



Referências do capítulo

CARVALHO, M. “Aedes do bem” em casa? Mosquito com modificação genética para combater dengue ganha versão domiciliar. **G1.Globo.com**. 4 fev. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2024/02/04/aedes-do-bem-em-casa-mosquito-com-modificacao-genetica-para-combater-dengue-ganha-versao-domiciliar.ghtml>. Acesso em: 28 set. 2024.

CARDOSO, D.R.; CARDOSO, T.A.O. Bioterrorismo: dados de uma história recente de riscos e incertezas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16(1), p. 821-830, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-81232011000700013>. Acesso em: 28 set. 2024.

CARNEIRO, L. Faz bem até pra hemorroida: conheça os benefícios e saiba fazer o kombucha. **Portal UOL** 19 jun. 2024. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2024/06/19/kombucha-veja-como-fazer-e-quais-sao-os-beneficios-da-bebida-fermentada.htm>. Acesso em: 28 set. 2024.

CASSANEGO, S.R. O que é a Bioinformática? **Programa de Educação tutorial, Portal da UFSM**. 2 dez. 2020. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/sistemas-de-informacao/2020/12/03/o-que-e-a-bioinformatica>. Acesso em: 29 set. 2024.

CICLOVIVO. Cientistas usam colágeno de esponjas marinhas para enxertos ósseos. **Portal Ciclo vivo**. 15 set. 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/colageno-de-esponjas-marinhasenxertos-osseos/>. Acesso em: 28 set. 2024.

GUIDOTTI, I.L.; VIDEIRA, N. As cores da biotecnologia. **Profissão Biotec**. 24 jun, 2021. Disponível em: <https://profissaobiotec.com.br/cores-da-biotecnologia/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

IBERDROLA. O que é a biotecnologia. **Portal Iberdrola**. 22 abr. 2021. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/o-que-e-biotecnologia>. Acesso em: 17 jan. 2024.

Referências do capítulo

LOPES, D.S.A; PESSOA, M.H.N.; SANTOS, R.S.; BARBOSA, M.S. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10(1), p. 234-245, 26 jul. 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5033102.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

PELIZZARI, A.; SILVA, I.S.; FELIPE, M.S.S. Ensino da Biotecnologia no Itinerário Formativo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Novo Ensino Médio. **Concilium**, v. 22 (4), p. 230- 247, 25 jun. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/361539082_Ensino_da_Biotecnologia_no_Itinerario_Formativo_de_Ciencias_da_Natureza_e_suas_Tecnologias_no_Novo_Ensino_Medio. Acesso em: 04 fev. 2025.

REDAÇÃO DO GUIA DO ESTUDANTE. Orientação profissional: “Será que biotecnologia é uma área promissora?” **Portal Guia do Estudante**. 28 abr. 2023. Disponível em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/orientacao-profissional/orientacao-profissionalsera-que-biotecnologia-e-uma-area-promissora>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SCHENBERG, A.C.G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, v. 24(70), p. 07-17, 23 nov. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3RNNxCZQTvWPQZ5kYYnKp6C/?lang=pt>. Acesso em: 28 set. 2024.

VELOSO, J. A doutora formada na UFBA que liderou o primeiro sequenciamento genético do coronavírus no Brasil. 3 abr. 2020. **Edgardigital/Portal da UFBA**. Disponível em: <https://coronavirus.ufba.br/doutora-formada-na-ufbaque-liderou-o-primeiro-sequenciamento-genetico-do-coronavirus-no-brasil>. Acesso em: 28 set. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com). AS IMAGENS DO JOGO TAMBÉM SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DO GOOGLE IMAGENS.

CAPÍTULO 4

Vacinas



De onde vem a palavra vacina?

No século X na China, a vacinação se iniciava de uma maneira rudimentar: esfregavam-se cascas de feridas de doentes com varíola em pessoas saudáveis, para que assim, criassem imunidade. Faziam um pó das feridas de pessoas doentes, que acabava por deixar o vírus enfraquecido, e isso estimulava o sistema imune a criar memória. O processo ficou conhecido como variolação.

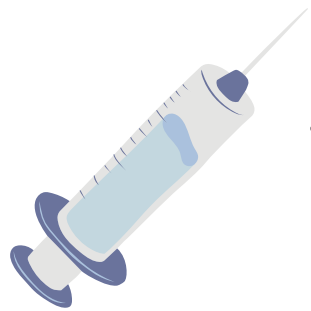


Este se baseava na observação de que pessoas que já haviam ficavam doentes não se contaminavam novamente.



No séc XVIII o médico britânico Edward Jenner inseriu pus de uma ferida de varíola bovina em um garoto, doença que na época matava 30% das pessoas. O garoto desenvolveu sintomas leves, mas se recuperou. O médico depois inoculou a forma mais mortal do vírus no garoto, o qual permaneceu com a saúde intacta. Percebendo então a criação de uma imunidade, ele publicou seus resultados ligados à palavra VACINA, que vem de *vacca* do latim.

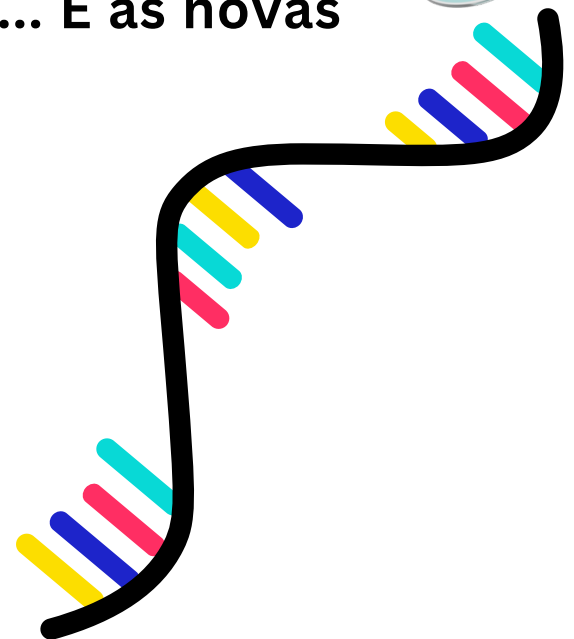
Como é feita uma vacina?



Sabe-se que as vacinas geralmente são feitas dos microrganismos atenuados, ou mesmo de pedaços do microrganismo (proteína) sendo inoculada na pessoa para estimular a geração de anticorpos... E as novas vacinas de RNA?

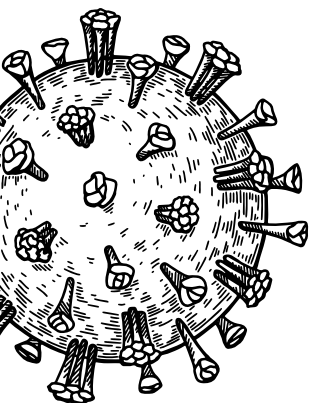


As vacinas são feitas de um RNA sintético que corresponde a uma determinada proteína do agente infeccioso. As células produzem essa proteína e, como o corpo não a reconhece, passa a produzir anticorpos contra ela.



Vacinas de RNA podem ser rapidamente modificadas em laboratório.

Permitem atacar pontos altamente específicos dos vírus. Os cientistas utilizam o mRNA (RNA mensageiro) sintético, que tem por finalidade ensinar ao organismo a fabricar a proteína S do SARS-CoV-2, responsável pela ligação do vírus com as nossas células. Assim, nossas células iniciam a defesa imunológica, permitindo proteção quando necessitarmos.



DOENÇAS QUE Podem Ser CONTROLADAS POR VACINAS

Sarampo, rubéola, meningite, tuberculose e febre amarela

SARAMPO

O sarampo é uma doença de contágio rápido e fácil, causada por um vírus que pode ser transmitido por gotículas pelo ar e contato direto com o doente. Na década de 1970 causou muitas mortes em crianças menores de 5 anos.

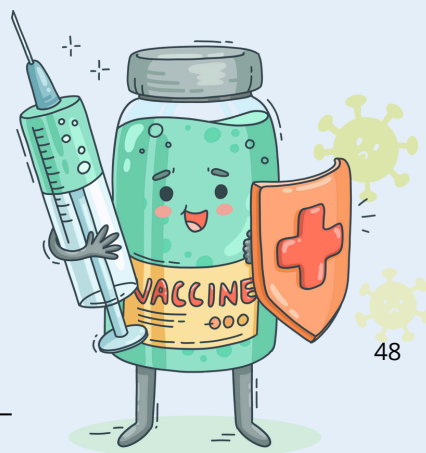
Neste público geralmente as complicações são maiores. Somente quando houve aumento significativo na cobertura vacinal, percebeu-se a queda drástica nos casos.

Em 1960 houve a notificação de 2,6 milhões de mortes causadas por sarampo ao ano. Depois da ascensão da vacinação, os casos baixaram para 79 mil em 2014. Porém a desaceleração da vacinação nessa época, culminava com o aumento da doença.



RUBÉOLA

Os sintomas da doença se assemelham aos do sarampo, como febre, mal estar, manchas avermelhadas pelo corpo, porém com a gravidade de poder ser congênita em bebês de mães acometidas durante a gestação, que pode acarretar, entre outros problemas, cegueira, surdez e atrasos no desenvolvimento. O Brasil recebeu certificado da OMS de eliminação da rubéola e da síndrome da rubéola congênita em 2024, depois de diversas campanhas e planos vacinais colocados em execução.



DOENÇAS QUE PODEM SER CONTROLADAS POR VACINAS

Sarampo, rubéola, tuberculose e febre amarela

TUBERCULOSE

Desde o século XVIII a doença é um problema de saúde pública, com milhares de mortos pelo mundo, e com auge no Brasil em meados de 1900. A doença bacteriana pode ser transmitida pelo ar por gotículas e/ou contato com o doente.

Seu principal sintoma é a tosse persistente com ou sem secreção, que acaba por acometer os pulmões. Porém a bactéria pode migrar para outras partes do corpo e se tornar a tuberculose miliar.

A doença ainda é comum e leva a muitos óbitos, porém com a inclusão da vacina BCG no Plano Nacional de Imunização, os números caíram.

FEBRE AMARELA

Essa doença se caracteriza por elevada letalidade em seus casos mais graves. Sendo infecciosa, febril e aguda, o vírus da doença é transmitido por um mosquito vetor. No Brasil, houve um surto com início em 2016. Em 2018 se iniciou uma grande campanha de vacinação e entre julho de 2020 e janeiro de 2021, nenhum caso foi registrado.

TRECHO DE NOTÍCIA DE 2023 RETIRADO DE SITE DA FIOCRUZ

O Relatório Global da Tuberculose (TB) 2023, divulgado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no dia 7 de novembro, destaca que um total de 7,5 milhões de pessoas foram diagnosticadas com a doença em 2022. É o maior número registrado desde que a OMS iniciou o monitoramento global, em 1995. Ainda de acordo com o relatório, estima-se que 10,6 milhões de pessoas adoeceram de TB em todo o mundo em 2022. Do total, 5,8 milhões de casos foram em homens, 3,5 milhões, em mulheres e 1,3 milhão, em crianças. Além disso, 1,3 milhão de pessoas morreram de TB no mesmo ano, incluindo 167 mil com HIV. A tuberculose continua sendo a segunda principal causa de morte por doença infecciosa em todo o mundo, superando o HIV e a AIDS.

<https://www.scielo.br/j/csp/a/QvswzdJsgBJSkrdDfdCTZhK/abstract/?lang=pt>

**Para saber um pouco mais, leia o artigo disponível no link:
O desenvolvimento de vacinas contra doenças tropicais negligenciadas.**

LUNA, E.J.A.; CAMPOS, S.R.S.L.C. O desenvolvimento de vacinas contra as doenças tropicais negligenciadas. Cad. Saúde Pública, 36(2), p. e00215720, 2020. Acesso em: 04 fev. 2025.

Em sala de aula...

Em diferentes séries e momentos da biologia nos deparamos com situações em que esse assunto pode ser trabalhado e que alguns tópicos não devem ser esquecidos, e portanto são listados abaixo alguns links com materiais interessantes para entender melhor ou utilizar com seus estudantes:



- **IMPORTÂNCIA DA VACINAÇÃO** - Vídeo sobre doenças que foram eliminadas, erradicadas ou controladas pela vacinação pelo mundo, do canal FALA CIENTISTA.

<https://www.youtube.com/watch?v=JFZ15A2bXaM>

FALA CIENTISTA. Doenças que foram erradicadas, eliminadas ou controladas com a vacinação pelo mundo. YouTube, 10min22s, 2022. Acesso em 2024.

- **DIFERENÇA ENTRE VACINA E SORO** - Vídeo sobre as principais diferenças entre VACINA E SORO do canal TV UNESP - Guia do Estudante.

https://www.youtube.com/watch?v=yA-id-XD_Cs

TV UNESP. Guia de Profissões | Dicas do Guia - Biologia - Soro x Vacina. YouTube, 0min51s, 2017. Acesso em 2024.

- **POSSÍVEIS REAÇÕES COMUNS** - Vídeo sobre os efeitos colaterais das vacinas - Quão alto é o risco? - do canal EM POUCAS PALAVRAS.

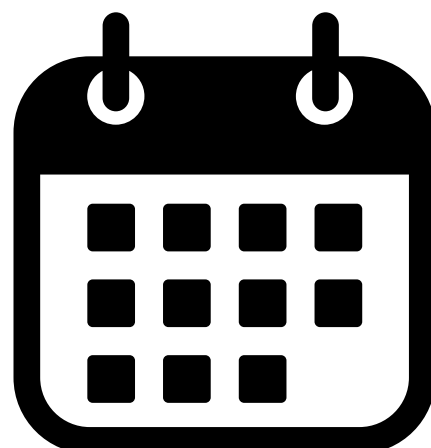
https://www.youtube.com/watch?v=4_PSnbX35zk

EM POUCAS PALAVRAS – KURZGESAGT. Os efeitos colaterais das vacinas – Quão alto é o risco? YouTube, 11min28s, 2023. Acesso em 2024.

<https://www.gov.br/saude/pt-br/vacinacao/calendario>

MS – Ministério da Saúde.
Calendário de vacinação.
Portal Gov.br. Acesso em 2024.

Segue ainda o calendário de vacinação da criança, com informações sobre doses e proteção contra doenças. Este pode ser utilizado para análise junto aos estudantes para perceber a eficácia da cobertura vacinal do SUS ou quando for trabalhar com biotecnologia vermelha, por exemplo.



01

Apresente aos estudantes um problema em forma de narrativa relacionado a uma doença erradicada ou muito controlada no Brasil, graças a vacinação, como a Poliomielite.

ABAIXO VOCÊ ENCONTRA UM EXEMPLO PRODUZIDO PELA AUTORA.

02

Depois da narrativa, você pode criar um cenário, contando aos estudantes que eles são cientistas da época.

03

E que, em equipes eles devem levantar hipóteses do que é mais viável se fazer nesse momento para conter o avanço da temida doença.



COMO TRABALHAR ESSE TEMA?

04

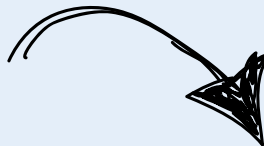
Prepare o tabuleiro do **Jogo IMUNIDADE COLETIVA**- criado pela Escola Superior do Instituto Butantan, disponível no link na próxima página, e que tem como objetivo demonstrar a eficácia da imunização de rebanho. Depois de os estudantes jogarem, peça para que eles confrontem suas hipóteses iniciais e conversem com seus alunos sobre a eficácia das vacinas.

05

Para concluir o tema, você pode exibir os vídeos indicados na página anterior, e ainda pode pedir para que os estudantes façam uma pesquisa preenchendo uma tabela (**MODELO ABAIXO**) com dados histórico sobre doenças e vacinas.

SUGESTÕES E LINKS

<https://labmovel.butantan.gov.br/src/downloads/Jogo-da-imunidade-coletiva.pdf>

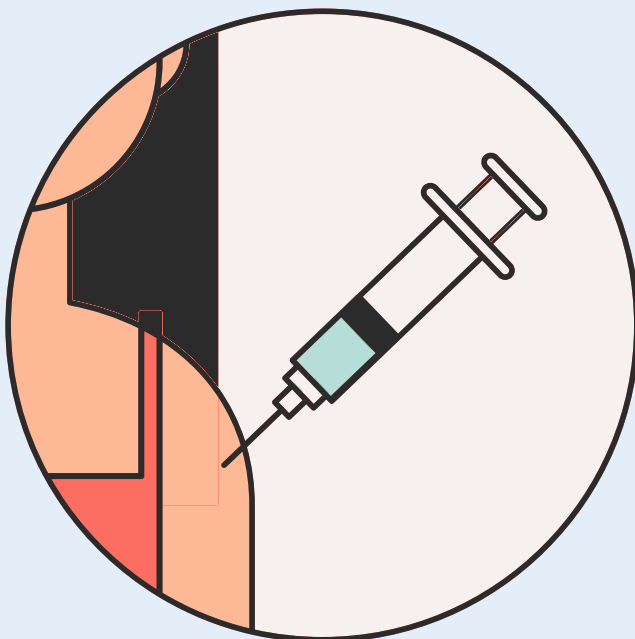
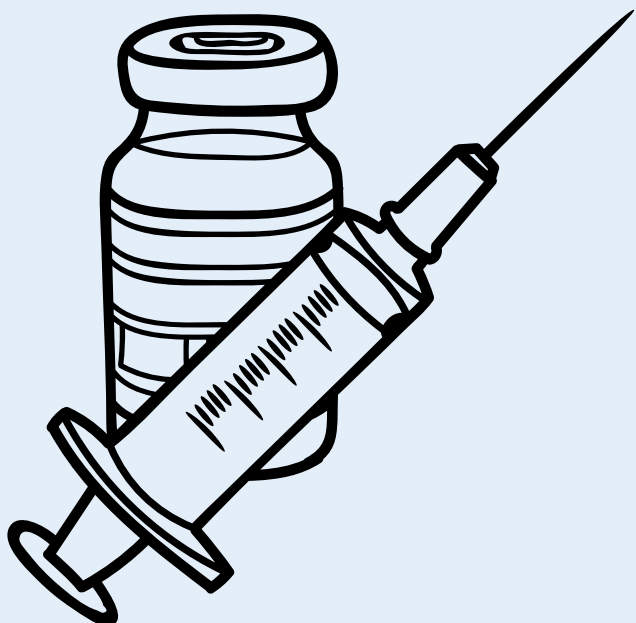


Escola Superior do Instituto Butantan
Jogo da imunidade coletiva / Escola Superior do Instituto Butantan – São Paulo : Instituto Butantan, 2021.

04

O jogo IMUNIDADE COLETIVA permite que os estudantes percebam a eficácia da vacinação e a imunidade de rebanho, além de ser uma estratégia lúdica para a temática.

NA SEQUÊNCIA VOCÊ ENCONTRA A NARRATIVA CITADA NA SEÇÃO “COMO TRABALHAR O TEMA” E O MODELO DE TABELA PARA TRABALHAR O ASSUNTO.





NARRATIVA: A HISTÓRIA DO MENINO QUE CORREU PELA ÚLTIMA VEZ

M. era um menino brasileiro que viveu na década de 1950, durante um período em que a poliomielite, também conhecida como pólio, era uma das doenças mais temidas no mundo.

Ele tinha apenas 4 anos de idade e gostava, como qualquer outro garoto, de jogar bola com seus amigos na rua, na frente de casa, visto que, na época, havia pouco tráfego de veículos.

Era mais um dia comum, quando M. terminou sua brincadeira, entrou em casa e comentou com sua mãe que não se sentia bem. Estava com febre, fadiga, dor de cabeça e dores musculares. E alguns dias se seguiram assim, com aquela moleza, até que ele começou a apresentar sinais de paralisia nas pernas. Seus pais ficaram desesperados, levando-o a diversos médicos em busca de ajuda. Infelizmente, a paralisia progrediu rapidamente, deixando M. dependente de muletas e cadeira de rodas.

Seu diagnóstico era poliomielite. Naquela época, a doença era altamente contagiosa e podia causar paralisia permanente, afetando principalmente crianças. A transmissão ocorria principalmente através de contato com fezes contaminadas ou gotículas respiratórias de uma pessoa infectada.

Na comunidade onde M. vivia, casos de pólio eram frequentemente reportados, especialmente durante os meses mais quentes, quando as condições sanitárias eram precárias. A doença causava pânico entre os pais, pois não havia tratamento eficaz disponível, e a recuperação dependia do repouso e da reabilitação intensiva.

A família enfrentou enormes desafios financeiros e emocionais. Além das despesas médicas, havia a necessidade de cuidados contínuos e reabilitação para ajudar o menino a recuperar a mobilidade tanto quanto possível. A comunidade, unida pelo sofrimento compartilhado, começou a se mobilizar para oferecer suporte às famílias afetadas pela doença.

Conte um pouco aqui sobre a descoberta da vacina...

Liste 5 doenças controladas e/ou erradicadas por vacinas

Liste os sintomas principais da doença em questão

Em que época e que local do mundo ela esteve em seu ápice?

**POSSÍVEIS
RESPOSTAS**

Conte um pouco aqui sobre a descoberta da vacina..

A história da vacinação teve início no século XVIII quando a varíola era a maior ameaça da humanidade. Naquela época, Edward Jenner foi responsável pelo experimento que mostrou que ao inocular uma secreção de uma pessoa com a doença em outra pessoa saudável esta desenvolvia sintomas muito mais leves e se tornava imune.

**Liste 5 doenças
controladas
e/ou erradicadas por
vacinas**

Poliomielite (controlada)

Varíola (erradicada)

Coqueluche (controlada)

Sarampo (controlada)

Tuberculose (controlada)

**Liste os sintomas
principais da doença em
questão**

Febre, dor de cabeça, de garganta e no corpo, vômitos, diarreia, constipação), espasmos, rigidez na nuca e até mesmo meningite.

Febre, dor de cabeça, mal-estar e dores musculares. Depois, o vírus se espalha pelo corpo e surgem manchas avermelhadas por toda parte.

Começa como um resfriado comum e em alguns casos, ocorrem vários picos de febre no decorrer do dia. A tosse pode persistir por 3 meses.

Febre acompanhada de tosse, irritação nos olhos, nariz escorrendo ou entupido, falta de apetite e mal-estar intenso.

O principal sintoma da tuberculose pulmonar é a tosse na forma seca ou produtiva.

**Em que época e que local
do mundo ela esteve em
seu ápice?**

Brasil, 1950

No mundo todo, séc XVIII

Estados Unidos, 1906

No mundo todo, 1960

Londres, séc XIX

Referências do capítulo

CCMS – Centro Cultural do Ministério da Saúde. As marcas da varíola. **Portal Gov.br**. Disponível em: <http://www.ccms.saude.gov.br/revolta/pdf/M5.pdf>. Acesso em: 22 set. 2024.

DANDARA, L. Com primeiro surto no Brasil registrado em 1911, poliomielite ainda preocupa. **Portal da Fiocruz**. 4 maio 2022. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/com-primeiro-surto-no-brasil-registrado-em-1911-poliomielite-ainda-preocupa>. Acesso em: 22 set. 2024.

FIOCRUZ – Fundação Instituto Oswaldo Cruz. Relatório global da OMS destaca aumento histórico no diagnóstico da tuberculose. **Portal da Fiocruz**. 20 nov. 2023. Disponível em: <https://informe.ensp.fiocruz.br/noticias/54719>. Acesso em: 22 set. 2024.

GARATTONI, B.; CORDEIRO, T. Muito além das vacinas: as promessas do mRNA. **Super Interessante**. 18 mar. 2022. Disponível em: https://super.abril.com.br/saude/muito-alem-das-vacinas-as-promessas-domrna#google_vignette. Acesso em: 18 fev. 2024.

HUGHES, R. Uma breve história das vacinas: o que são, como são feitas e por que há quem duvide delas. **BBC News Brasil**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48631415>. Acesso em: 1 fev. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Coqueluche. **Portal Gov.br**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/coqueluche>. Acesso em: 22 set. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Febre amarela. **Portal Gov.br**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/f/febre-amarela>. Acesso em: 22 set. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Tuberculose. **Portal Gov.br**. Disponível em: <https://www.saude.pr.gov.br/Pagina/Tuberculose>. Acesso em: 25 ago. 2024.

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

Referências do capítulo

RAITH, A. Conheça 6 doenças perigosas que foram controladas com vacinas. 26 jul. 2021. **Portal UOL**. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2021/07/26/conheca-6-doencas-perigosas-que-foram-controladas-com-vacinas.htm>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SMEDLEY, T. Como as vacinas de RNA que nos salvaram da covid-19 podem derrotar outras doenças. **BBC News Brasil**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-59776857>. Acesso em: 8 jan. 2024.

TODAS AS IMAGENS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (<https://www.canva.com/>).

CAPÍTULO 5

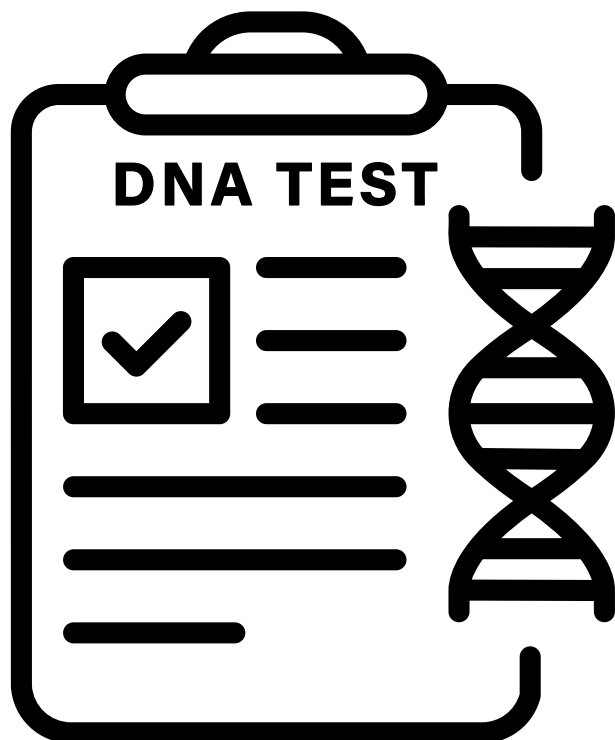
Testes de DNA



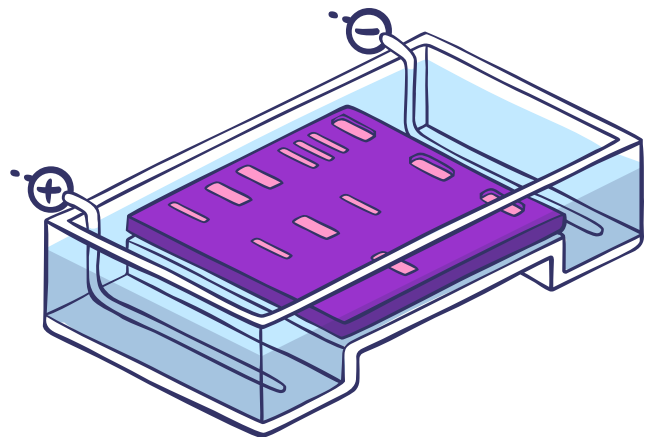
Testes de D N A

O que são?

Testes de DNA podem ser úteis para se identificar graus de parentesco entre familiares e ancestralidade, principalmente testes de paternidade, assim como possível identificação de suscetibilidade a doenças genéticas e alterações que podem ser transmitidas às futuras gerações.



Eletroforese



Para fazer testes com esse material molecular, geralmente se utiliza uma técnica denominada eletroforese, que se baseia no corte de DNA através de enzimas de restrição, separação de fragmentos de diferentes massas moleculares, conduzidos por uma corrente elétrica de polo positivo e negativo, com os fragmentos de DNA imersos em um gel de agarose. Quando é desligada a corrente, os fragmentos se separam em bandas.

Testes de D N A

O resultado do processo de eletroforese é uma foto (como a que aparece abaixo) que demonstra as bandas de DNA em diferentes posições de acordo com seus pesos moleculares, podendo comparar o DNA de diferentes pessoas, podendo ser pais, ou até suspeitos em crimes.



Em sala de aula

São listados abaixo alguns links com materiais interessantes para entender melhor os teste de DNA ou utilizar com seus estudantes:

Vídeo TESTE DE DNA: COMO É FEITA A INVESTIGAÇÃO DE PATERNIDADE?

MEDICAL TV. YouTube, 8min20s, 2022. Acesso em 2024.

<https://www.youtube.com/watch?v=GtSWstFJ8rQ&t=4s>

Este material traz informações relevantes sobre como são feitos os testes de DNA para paternidade, enfatizando o seu histórico e avanços. É interessante para que o professor possa se aprofundar no assunto.

Vídeo ELETROFORESE HORIZONTAL DE DNA EM GEL DE AGAROSE

<https://www.youtube.com/watch?v=vL3EfRx78P0>

Este material mostra como é realizada a prática de eletroforese na cuba com agarose, sendo útil para demonstrar aos estudantes, que o processo é químico, elétrico e biológico, podendo compreender os conceitos analisando a prática.

KASVI - PRODUTOS PARA LABORATÓRIO. YouTube, 3min45s, 2018. Acesso em 2024.

Artigo BIOGENÉTICA E GÊNERO NA CONSTRUÇÃO DA INTENCIONALIDADE DA PATERNIDADE: O TESTE DE DNA NAS INVESTIGAÇÕES JUDICIAIS DE PATERNIDADE

<https://www.scielo.br/j/ref/a/3Wz7rnWKzzwNSWpnrrfFznC/abstract/?lang=pt>

“Este artigo aborda as modalidades de intencionalidade da paternidade construídas por mulheres e homens que realizaram testes de DNA ordenados por tribunais, em Portugal, para apuramento da paternidade biológica de crianças sem 'pai oficial'” (Machado, 2011).

MACHADO, H.; SILVA, S.; COSTA, S.; MIRANDA, D. Rev. Estud. Fem., v. 19 (3), p. 823-848, 2011. Acesso em 05 fev. 2025.

Vídeo TESTE DE DNA E PREVENÇÃO DE CÂNCER

https://www.youtube.com/watch?v=Ndps_OTskrY

Este vídeo traz um bate papo entre um médico e uma especialista em genética sobre o mapeamento de genes ligados ao câncer. É útil para o professor poder se atualizar.

01

Você pode preparar uma pequena cena fictícia de crime para envolver seus estudantes na temática. Em um canto do laboratório, prepare uma boneca coberta com tinta vermelha e digitais de terra ou outra cor de tinta. Espalhe alguns fios de cabelo pela cena. Largue algum objeto e deixe uma pegada por perto. Escolha uma arma do crime (que pode ser um desenho impresso de papel), e largue em algum canto. Além disso, você pode isolar o local com faixas amarelas, ou até fita adesiva, para dar um “ar de cena de crime”

02

Antes de levar os estudantes ao local, conte uma história, envolva-os, e faça-os se colocarem em personagens de peritos criminais. Distribua *swabs* e sacos plásticos, dizendo que eles terão que coletar evidências. Deixe-os trabalharem e pensarem juntos, enquanto você apenas acompanha.



COMO TRABALHAR ESSE TEMA?

03

Depois de voltar para a sala, continue a contar a história de que as evidências coletadas foram encaminhadas para o laboratório e os resultados estão em mãos, e que sua missão é interpretar os dados e definir qual dos suspeitos é o criminoso. A ficha para ser entregue às equipes para interpretação está abaixo. Deixe que os estudantes tentem interpretar os dados e só depois conversem com a turma para ver se eles conseguiram.

04

Para concluir esta atividade, depois de corrigir junto ao professor quem é o criminoso com base na análise das bandas de DNA, criem juntos um mapa mental, explorando as possibilidades dos testes de DNA na genética e biotecnologia.

Ficha para análise com as bandas de DNA

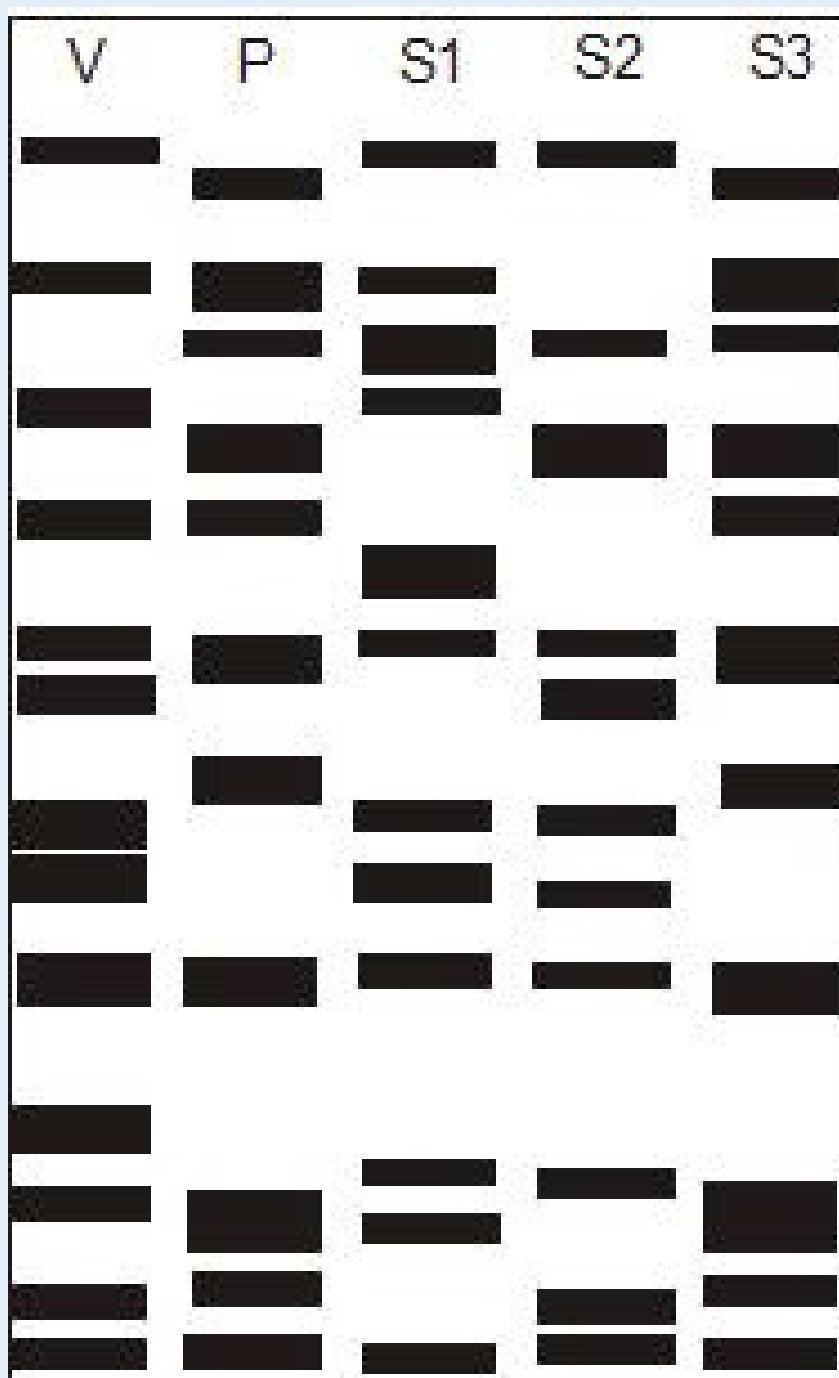
Teste de DNA realizado através da técnica de eletroforese, que separa fragmentos cortados de DNA de acordo com suas massas moleculares, e que param de correr quando o estímulo elétrico é desligado do gel de agarose. As bandas param nas mesmas alturas da cuba se têm sequências genéticas com as mesmas massas moléculares. Então é feita uma imagem para fazer o comparativo.

Considere:

V = Vítima

P = Prova

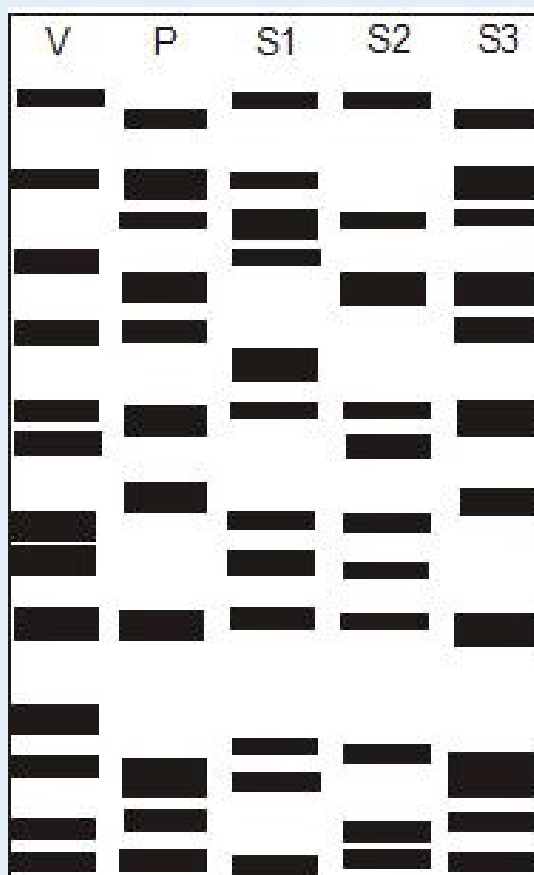
S1, S2, S3 = Suspeitos 1, 2 e 3



Questão do ENEM NA ÍNTEGRA

(UFU MG/2010) Dentre as aplicações atuais da genética molecular, temos os testes de identificação de pessoas por meio do DNA. Essa técnica, que pode ser usada para identificar suspeitos em investigações policiais, consiste em detectar e comparar sequências repetitivas ao longo de trechos da molécula de DNA, regiões conhecidas como VNTR (número variável de repetições em sequência).

A figura abaixo ilustra os padrões de VNTRs de quatro pessoas envolvidas (uma vítima (V) e 3 suspeitos (S1, S2 e S3) em uma investigação policial e de uma prova (P) coletada no local do crime:



Considerando as afirmações e a figura acima apresentada, responda:

- A qual dos suspeitos (S1, S2 ou S3) pertence a prova (P)? Justifique a sua resposta.
- Que tipo de material pode ser coletado e servir de prova em um caso como esse?
- Por que os resultados desse tipo de análise têm alto grau de confiabilidade?

GABARITO

a) Suspeito = S3

Justificativa: Porque os Padrões de VNTR presentes no Suspeito e na Prova devem corresponder (coincidir, serem idênticos).

b) Qualquer tecido do indivíduo que contenha células nucleadas, como sangue (leucócitos), fios de cabelo contendo bulbo capilar, fragmentos de unha contendo tecido epitelial, fragmentos de pele, saliva, sêmen (esperma) ou até objetos contendo resquícios de sangue.

c) Devido à exclusividade do DNA, cada indivíduo apresenta sequências repetitivas específicas ao longo de trechos da molécula de DNA, ou seja, indivíduos diferentes apresentam VNTRs diferentes. Não existem duas pessoas com o mesmo padrão de VNTR.

Referências do capítulo

CDA MEDICINA DIAGNÓSTICA. TESTE de DNA: como funciona? **Portal CDAMED**. 9 fev. 2024. Disponível em: <https://www.cdamed.com.br/teste-de-dna-como-funciona>. Acesso em: 3 ago. 2024.

KASVI. O QUE é eletroforese e qual a sua importância? Portal Kasvi. Disponível em: <https://kasvi.com.br/o-que-e-eletroforese-e-qual-a-sua-importancia/>. Acesso em: 3 ago. 2024..

MACHADO, H.; SILVA, S.; COSTA, S.; MIRANDA, D. Biogenética e gênero na construção da intencionalidade da paternidade: o teste de DNA nas investigações judiciais de paternidade. Revista Estudos Feministas, v. 19 (3), p. 823- 848, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-026x2011000300009>. Acesso em: 28 set. 2024.

PCSC – Polícia Científica de Santa Catarina. Programa Conecta - Genética Forense. **Portal da PCSC**. Disponível em: <https://www.policiacientifica.sc.gov.br/programa-conecta/servicos/genetica-forense/>. Acesso em: 3 ago. 2024.

PINHATI, F.R. Eletroforese de DNA: dos laboratórios de biologia molecular para as salas de aula. **Química Nova na Escola**, v. 37 (4), 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20150055>. Acesso em: 28 set. 2024.

RAMOS, M.; SANTOS, J. Testes de DNA - Veja como identificar o código da vida. **Blog do ENEM**. Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/biologia-enem-testes-dna/>. Acesso em: 24 ago. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

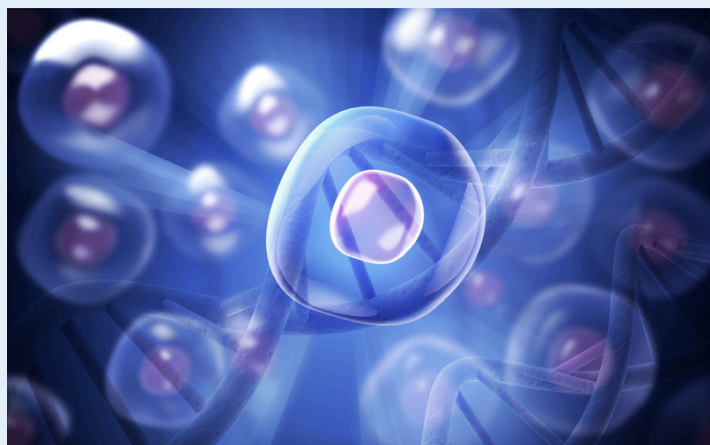
CAPÍTULO 6

Células-tronco e Clonagem



O QUE SÃO CÉLULAS-TRONCO?

São células que são indiferenciadas, ou seja, não têm ainda uma função destinada e específica. E tem grande habilidade de diferenciação em diferentes tipos celulares, ou seja, podem dar origem a uma gama variada de tecidos, a depender da situação.



Células TOTIPOTENTES: São efêmeras e duram poucos dias após a fertilização, sendo totalmente indiferenciadas, podendo se tornar tanto células embrionárias, quanto células dos anexos embrionários.

Células PLURIPOTENTES: Podem formar qualquer tecido do blastocisto sem poder gerar a placenta e outros tecidos de apoio ao feto. São encontradas após 5 dias da fertilização.

Células MULTIPOTENTES: Possuem maior grau de diferenciação, como as encontradas nos tecidos adultos, e estão geralmente relacionadas à reparação tecidual.



Em tese, esse tipo de célula é capaz de gerar avanços na medicina, pois pode ser capaz de se diferenciar e reparar tecidos lesionados por doenças e acidentes. Porém, as pesquisas que as envolvem esbarram em grandes dilemas éticos.



Afinal, há quem defenda que a partir da concepção já há uma vida e que não temos o direito de manipulá-la, e há quem defenda que isso não é verdade já que esse grupo celular ainda não tem a capacidade de sentir ou passar pelo que se conhece como dor. A realidade é que as opiniões são analisadas por diferentes pontos de vista.

Ultimamente

A pesquisadora Mayana Zatz, da USP, especialista no assunto de medicina genética, debateu o avanço dos tratamentos genéticos no Exame Fórum Saúde, um evento que discute os avanços da tecnologia na área da saúde, no dia 12 de junho de 2019.

Ela trouxe a reflexão na seguinte fala: "Eu defendo que façamos pesquisas em embriões, mas que não serão implantados para desenvolvimento, já que é melhor aprender a corrigir um defeito do que descartá-lo. Mas, enquanto não tivermos total certeza de que essas alterações não acarretarão outros problemas de saúde no futuro, não devemos modificar os genes".

O professor Edroaldo Lummertz da Rocha, do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia da UFSC, em parceria com a Universidade de Harvard (EUA) publicou, em 2023, três estudos com resultados inéditos em revistas de alto impacto do grupo *Nature* e da prestigiada *Cell Stem Cell*.

"Em conjunto, estes estudos destacam a importância da biologia computacional para compreender o funcionamento das nossas células e como utilizar esse conhecimento para criar células-tronco hematopoiéticas em laboratório a partir de células-tronco pluripotentes, as quais possuem a capacidade de produzir praticamente qualquer célula do nosso organismo", afirma o professor.



Essa modificação de genes é um dos assuntos mais polêmicos da bioética, mas, vêm avançando nas pesquisas científicas, buscando, impreterivelmente, a cura e tratamento de doenças.

Com estudos e pessoas qualificadas, as tesouras moleculares, que fazem o que se chama de terapia genética, estão sendo testadas.

O Departamento Americano de Estatísticas do Trabalho coloca os conselheiros genéticos entre as 20 profissões que estão crescendo mais rapidamente no país. Ele espera que o número de empregos disponíveis na área aumente 29% até 2026.

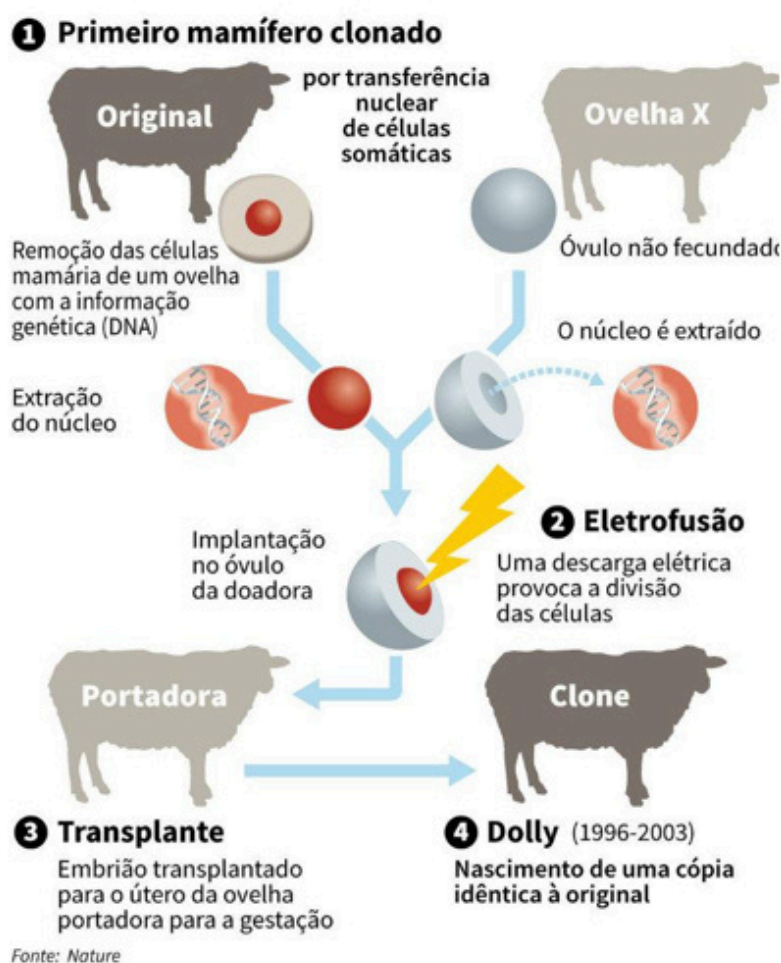
No mundo já existem 16 terapias gênicas aprovadas, e, no Brasil, são 6, porém, por um preço altíssimo, e este é mais um impasse que terá de ser discutido.

Atualmente, o medicamento mais caro do Sistema Único de Saúde (SUS) é uma terapia gênica para atrofia muscular espinhal (AME).

São passos que a Ciência vai avançando e que necessita da intervenção de várias áreas e, por isso, o processo é deveras lento.

E os clones?

O experimento com a ovelha Dolly (primeiro mamífero clonado no mundo), nascida em 5 de julho de 1996, na Escócia, Reino Unido, trouxe grandes debates para a ciência e para a clonagem reprodutiva. Com ele foi possível entender que uma célula adulta com função definida poderia se tornar outro tipo de célula. Isso revolucionou a medicina regenerativa.



FONTE: Santos, J.E. Clonagem e suas promessas terapêuticas. Curso Enem Gratuito. Disponível em: <https://cursoenemgratuito.com.br/clonagem-e-suas-promessas-terapeuticas/>. Acesso em 2024.

Os cientistas retiraram o núcleo de um óvulo e colocaram no seu lugar o núcleo de uma célula de tecido mamário da ovelha a ser clonada para realizar o procedimento. Tudo isso em ambiente laboratorial. Foi surpreendente o resultado, já que foi a primeira vez que isso ocorreu a partir de uma célula já adulta.

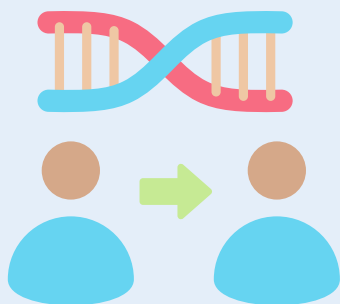
E os clones?

Os experimentos com clonagem permitiram esclarecer melhor o papel do núcleo na hereditariedade e a possibilidade de pluripotência em laboratório. Isso trouxe um olhar para outros ramos tecnológicos, como a produção de alimentos.

Existem cruzamentos genéticos selecionados para aumentar a qualidade do leite, da carne e de outros produtos de origem animal. E a clonagem poderia auxiliar nesse processo.

Na década de 90 houve tentativas de modificação genética em animais e clonagens dos mesmos, visando replicar características.

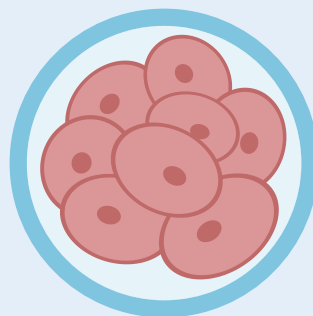
Depois de várias experimentações, aos poucos, o que se entendia, era que o processo era ineficaz, devido a fatores epigenéticos, que influenciam na ativação ou não de genes.



Quanto ao tema polêmico de clonagem humana, os cientistas mais renomados não demonstraram interesses, porém, algumas figuras apareceram no meio científico dizendo que já o fizeram. Mas nada foi confirmado até o momento. E este é um tema que está extremamente abarcado por questões bioéticas.

Contudo, os avanços não pararam. Em 2006 o pesquisador Shinya Yamanaka e sua equipe conseguiram demonstrar experimentalmente que se houver a inserção extra de 4 genes que correspondem a fatores de transcrição (moléculas que regulam como o DNA é ativado) no DNA de células adultas, faz com que elas retornem ao estágio embrionário.

As células criadas receberam o nome de iPS (células-tronco pluripotentes induzidas). Elas têm o mesmo potencial das células-tronco embrionárias (tanto as oriundas de uma fecundação normal quanto as geradas por SCNT - transferência nuclear de células) para se transformar em qualquer tecido do corpo e isso vem sendo mostrado experimentalmente.



Essa técnica divide os holofotes atualmente com a utilização de órgãos de animais geneticamente modificados para transplantes em pessoas.

Tudo é muito recente, mas são possibilidades inegavelmente esplêndidas que podem abrir muitas portas.

Em sala de aula

São listados abaixo alguns links com materiais interessantes para entender melhor as células-tronco ou utilizar com seus estudantes:

Vídeo: A REVOLUÇÃO DAS CÉLULAS-TRONCO

O link traz um vídeo explicativo sobre o que são as células-tronco, com a utilização de computação gráfica para mostrar esse mundo microscópico. Há uma reflexão sobre pontos positivos e negativos em relação ao avanço das pesquisas com elas. Esse material pode ser utilizado para atualização do professor e para discussão com os estudantes.

<https://www.youtube.com/watch?v=2UqI2Aw-OtE>

CIÊNCIA TODO DIA. YouTube, 9min33s, 2022. Acesso em 2024.



Vídeo: TUDO SOBRE CÉLULAS-TRONCO

<https://www.youtube.com/watch?v=WmirRHa-QuY>

Esse vídeo traz uma abordagem completa sobre células-tronco e pesquisas relacionadas, incluindo as pesquisas citadas nos textos desse capítulo, de Shinya Yamanaka, médico e pesquisador que faz pesquisas atuais com células-tronco. Esse material também pode ser utilizado para atualização do professor e para discussão com os estudantes.

OLÁ, CIÊNCIA. YouTube, 12min21s, 2023. Acesso em 2024.

Vídeo: OPINIÃO - CLONAGEM NOS DIAS DE HOJE

Este vídeo traz uma visão que é voltada ao docente, para abrir seus horizontes e porventura, aumentar seus conhecimentos acerca da temática. Trata-se de uma diferenciação entre clonagem reprodutiva e terapêutica, e um diálogo com duas professoras geneticistas e especialistas.

<https://www.youtube.com/watch?v=y4AcDEX7kd8>

JORNALISMO TV CULTURA. YouTube, 26min09s, 2023. Acesso em 2024.



Em sala de aula

Artigo: A ÉTICA E A BIOÉTICA NO USO DE CÉLULAS TRONCO EMBRIONÁRIAS (CTES)

O artigo traz reflexões acerca do levantamento bibliográfico sobre a ética e o uso de células-tronco embrionárias, levantando a complexidade dos diferentes pontos de vista e o impasse bioético que envolve o tema. Auxilia o docente a melhorar sua visibilidade sobre as discussões nesse cenário.

<https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/976>

BARBOSA, E.M.M.; NUNES, M.M.U.C. Revista Científica UNILAGO, 12 p., 2023. Acesso em 2024.

<https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/2382>

MIRANDA, B.C.; PETITO, G. ANAIS do 2º CIPEEX – Congresso Internacional de Pesquisa, Ensino e Extensão do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, v.1, 2015. Acesso em 2024.

Artigo: ASPECTOS BIOÉTICOS, JURÍDICOS E RELIGIOSOS DO USO DA CLONAGEM TERAPÊUTICA PARA OBTENÇÃO DE CÉLULAS-TRONCO

Este material promoveu uma revisão de literatura, abordando a influência de aspectos éticos, legais e religiosos ao método de clonagem terapêutica para a obtenção de células-tronco, trazendo a diversidade de opiniões e reflexões acerca da temática. Assim como a sugestão anterior, este material auxilia o docente a melhorar sua visibilidade sobre as discussões nesse cenário.

01

Faça um debate sobre a temática, que inclusive pode ser realizado de maneira interdisciplinar com o professor(a) de filosofia, abordando questões éticas. Inicie dividindo a sala em dois grandes grupos e explique que, para o debate, independentemente da sua opinião, devem estudar para argumentar sobre o que lhes foi solicitado. Defina um grupo para defender a favor das técnicas de clonagem, e outro grupo para se posicionar contra.

02

Forneça cópias ou links de artigos e sites de notícias confiáveis, para que as equipes possam entender sobre a temática e trocar ideias, já que serão contestados sobre várias questões acerca do tema. As ideias de materiais se encontram abaixo.



COMO TRABALHAR ESSE TEMA?

03

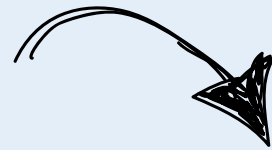
No dia marcado para o debate, organize a sala de modo que os dois grupos fiquem frente a frente. Explique as regras e estipule um tempo para as respostas aos questionamentos. Permita que haja réplica e tréplica referente ao que lhes foi questionado, para que haja maior chance de envolvimento e argumentação dos estudantes. Portanto, faz-se importante a preparação.

04

Em uma aula posterior, faça uma reflexão sobre as questões do debate e traga uma visão mais atual sobre a terapia gênica, deixando que os estudantes expliquem sua visão depois das leituras e debate.

SUGESTÕES E LINKS

ATIVIDADE 2:



Os artigos e notícias nos links podem situar os estudantes em relação ao assunto:

02

CLONAGEM HUMANA: CONHECER PARA OPINAR

- <https://revistapesquisa.fapesp.br/clonagem-humana-conhecer-para-opinar-2/>

ZATZ, M. Pesquisa FAPESP, n. 73, p. 8-14, 2002. Acesso em 2024.

PRIMEIRO MAMÍFERO CLONADO, DOLLY COMPLETARIA HOJE 25 ANOS

- <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-07/primeiro-mamifero-clonado-dolly-completaria-hoje-25-anos>

PEDUZZI, P. Portal da Agência Brasil, 2021. Acesso em 2024.

CLONAGEM HUMANA: ASPECTOS ÉTICOS

- <https://revistas.usp.br/sej/article/view/43316>

MUÑOZ, D.R. Saúde, Ética & Justiça, v. 9 (1-2), p. 5-8, 2004. Acesso em 2024.

CIENTISTAS CRIAM CÉLULAS-TRONCO HUMANAS POR MEIO DE CLONAGEM

- <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/05/cientistas-criam-celulas-tronco-humanas-por-meio-de-clonagem.html>

G1. Portal G1.Globo.com, 2013. Acesso em 2024.

A MORALIDADE DA CLONAGEM

- https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/30594?locale-attribute=pt_BR

SCHRAMM, F.R. Cad. Saúde Pública, v. 15 (1), p. 51-64, 1999. Acesso em 2024.

Referências do capítulo

CERIONI, C. O dilema da medicina genética: intervenções esbarram em limites éticos. **Exame**. 12 jun. 2019. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/o-dilema-da-medicina-genetica-intervencoes-esbarram-em-limites-eticos/>. Acesso em: 28 set. 2024.

GRAY, R. Como os avanços e os dilemas da edição genética estão mudando a medicina - **BBC News Brasil**. 27 nov. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-cap-46128960>. Acesso em: 28 set. 2024.

MIRANDA, A. Em parceria com Harvard, professor da UFSC chega a resultados inéditos em estudos sobre células-tronco. **Notícias UFSC**. 23 fev. 2023. Disponível em: <https://noticias.ufsc.br/2023/02/em-parceria-com-harvard-professor-da-ufsc-chega-a-resultados-ineditos-em-estudos-sobre-celulas-tronco/>. Acesso em: 28 set. 2024.

SILVA, H. P. ; RIBAS, V. T. A terapia genética veio para ficar no Brasil? **Ciência Hoje**. Mar. 2023. Disponível em: <https://www.cienciahoje.org.br/artigo/a-terapia-genica-veio-para-ficar-no-brasil/>. Acesso em: 28 set. 2024.

SOUZA, V. F. de. et al. Células tronco: Uma breve revisão. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 2, n. 2, p. 251-256, 01 jan. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/4292>. Acesso em: 10 ago. 2024.

TAMMARO, R. Clonagem da ovelha Dolly completa 25 anos com novas possibilidades para a ciência. **Jornal USP**. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/clonagem-da-ovelha-dolly-completa-25-anos-e-trouxe-novas-possibilidades-para-a-ciencia/>. Acesso em: 18 ago. 2024.

UNIFOR – Universidade de Fortaleza. O que são células-tronco e qual sua importância para a ciência? Portal da UNIFOR. 19 fev. 2024. Disponível em: <https://unifor.br/web/pesquisa-inovacao/-/o-que-sao-celulas-tronco-e-qual-sua-importancia-para-a-ciencia>. Acesso em: 18 ago. 2024.

Referências do capítulo

ZATZ, M. Clonagem e células-tronco. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 18, n. 51, p. 247-256, ago. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/sDtmSJfCv3cYLjcDg94NW4n/?lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

CAPÍTULO 7

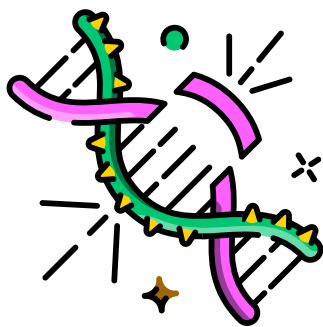
A tecnologia do DNA recombinante



Tecnologia do DNA Recombinante

Essa técnica permite manipular e combinar moléculas de DNA de organismos diferentes com finalidades específicas.

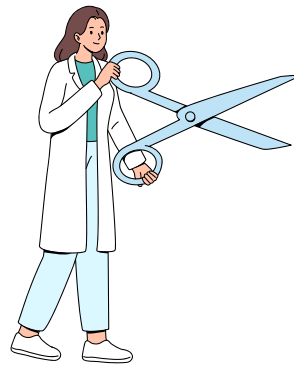
Em 1980, Paul Berg, professor da USA (Stanford University) foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química, pelo reconhecimento a seu trabalho pioneiro. Em 1972 produziu uma molécula híbrida de DNA de bactéria e de DNA do vírus símio SV40.



Isso abriu novos horizontes. A insulina, hormônio de controle de glicose no sangue, é essencial para manter-se saudável, e que é acometido por diabetes, necessita do hormônio artificial. Para isso, há processos com a técnica DNA recombinante, que permitem a produção da proteína em um tempo menor do que usar mamíferos para executar sua produção, como bovinos ou suínos, que já foram utilizados nesse tipo de execução. E nesse cenário, a produção foi aprovada em 1982.

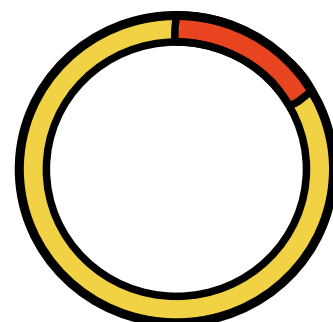
Geralmente, essa aplicação é utilizada para produção de proteínas de interesse industrial e farmacêutico.

E para realizar o processo o primeiro passo é isolar um fragmento de DNA, que contém o gene de interesse, que é colocado em um meio com um fragmento de DNA bacteriano circular, o plasmídeo e as enzimas de restrição para fazer com que o fragmento seja realocado e ligado através da enzima ligase.



Intrinsicamente, as enzimas de restrição são a base da tecnologia do DNA recombinante e foram descobertas em bactérias que seccionavam vírus em pequenas partes, tornando-as resistentes às suas ações, já que, com o material genético fragmentado, os vírus não conseguiriam se replicar.

Essa é a visão do DNA circular da bactéria com o trecho recombinante inserido - em vermelho.



Tecnologia do DNA Recombinante

Atualmente a tecnologia vem sendo cada vez mais refinada. Um exemplo é a produção de anticorpos monoclonais, que são proteínas específicas para diversos tipos de antígenos, utilizados em uma gama variada de tratamentos, inclusive para doenças autoimunes e processos oncológicos.



Outro exemplo de utilização da tecnologia do DNA recombinante é na fabricação de vacinas terapêuticas experimentais, como a que induz a regressão de lesões precursoras e remissão do câncer do colo do útero, causado em detrimento de complicações pelo contato com o vírus HPV.



Frente ao exposto, é explícita a quantidade de aplicações referentes à técnica. E esse é um conteúdo curricular do ensino médio, que pode ser trabalhado de diversas maneiras.

Para aplicar esse tema no ensino médio, visando uma abordagem investigativa, será destinado o próximo capítulo, que traz uma sequência didática pronta para uso.



Referências do capítulo

ARAGÃO, F. J. L. A trajetória dos organismos transgênicos. **Embrapa**. Disponível em: https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/artigo/-/asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/francisco-jose-limaaragao?inheritRedirect=true. Acesso em: 11 jul. 2023.

BORSATTO, A.Z.; VIDAL, M.L.B.; ROCHA, R.C.N.P. Vacina contra o HPV e a Prevenção do Câncer do Colo do Útero: Subsídios para a Prática. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 67-74, 24 jan 2011. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/690/462>. Acesso em: 12 jul. 2023.

LOPES, D.S.A.; PESSOA, M.H.N.; SANTOS, R.S.; BARBOSA, M.S. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10(1), p. 234-245, 26 jul. 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5033102.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

MOREIRA, C. Enzima de restrição. Revista de ciência elementar, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 12, 05 jan. 2012. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2014/033/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

REIS, Carla; et al. Biotecnologia para saúde humana: tecnologias, aplicações e inserção na indústria farmacêutica. **BNDES setorial**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 29, p. 359-392, mar. 2009. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2641/1BS%2029_Biotecnologia%20para%20sa%c3%bade%20humana_P.pdf

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

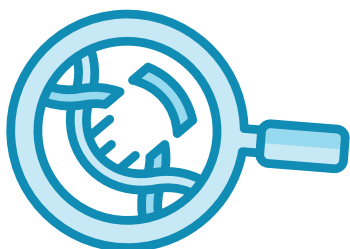
CAPÍTULO 8

Sequência didática: A tecnologia do DNA recombinante



SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo é apresentada uma sequência didática investigativa (SDI) com 5 aulas para ser trabalhada com alunos do 1º ano na disciplina de biologia, ou no itinerário formativo de ciências da natureza e suas tecnologias, do novo ensino médio, no 2º ano, na disciplina de biologia I, trilha de biotecnologia. Ou quando for trabalhado algum conteúdo relacionado à tecnologia do DNA recombinante.



O intuito é que ela permita que o estudante possa relembrar conceitos de biologia molecular (replicação, transcrição e tradução) já aprendidos anteriormente e somar novos conhecimentos da área de biotecnologia.

A 1ª aula deve iniciar com a apresentação de uma notícia da área de biotecnologia que permita contextualizar o uso da tecnologia do DNA recombinante no dia-a-dia dos alunos, que poderia ser referente a casos de diabetes, utilização de anticorpos monoclonais e vacinas recombinantes, por exemplo - abaixo segue possibilidade de notícia.

Após a apresentação da notícia (contextualização), deve ser realizada uma problematização por meio de questões norteadoras relacionadas à notícia escolhida e à biologia molecular, de modo que os alunos possam formular hipóteses e buscar responder às questões apresentadas.

Entre essas questões pode-se exemplificar:

- 1) Que funções têm o DNA, o RNA e as proteínas para o funcionamento das células?, esperando que os alunos possam refletir sobre o DNA como carreador da informação genética que codifica proteínas com diferentes funções, desde enzimas até estruturais e sobre o RNA como sendo um portador intermediário dessa informação;
- 2) Como são produzidas essas moléculas dentro das células?, esperando que os alunos possam pensar no fluxo da informação genética, passando do DNA portador da informação genética no núcleo para o RNAm portador intermediário dessa informação no citoplasma e pela tradução deste último para proteínas;
- 3) Como poderíamos alterar a estrutura do DNA para produzir proteínas modificadas?, esperando que os alunos possam refletir sobre formas de editar o DNA.



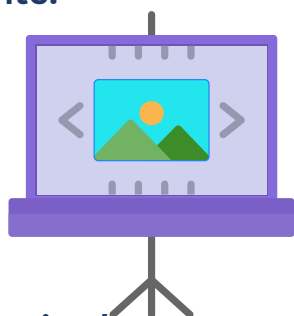
Os critérios para a formulação dessas questões devem se basear na experiência de docência como professor(a) de biologia em sala de aula, e as dificuldades observadas nos conteúdos propostos no currículo, atreladas à área da biotecnologia, como clonagem, transgênicos, tecnologia do DNA recombinante, eletroforese e células-tronco.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Em uma 2ª aula deve ser feita uma breve revisão sobre a molécula de DNA e os processos de replicação, transcrição e tradução - temas trabalhados geralmente antes da biotecnologia - abordando a estrutura e os processos de biologia molecular com auxílio de um vídeo (“Do DNA à proteína”, animação 3D (vídeo do canal Yourgenome da plataforma YouTube, com duração de 2min41s, publicado em 2015) mostrando os processos de transcrição e tradução, disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA&t=161s>

Esta aula pode utilizar slides do conteúdo como ferramenta. Alguns exemplos de slides são apresentados mais adiante.

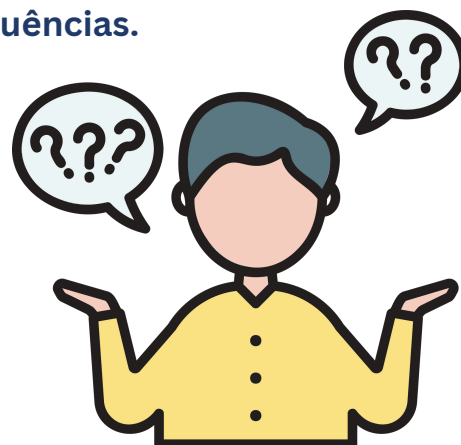


Depois deve ser trabalhada uma atividade desenvolvida por Paes (2019), com o objetivo de demonstrar uma pequena sequência de nucleotídeos e sua paridade entre as bases nitrogenadas (adenina – timina/ citosina – guanina), a síntese de RNAm e a produção de proteínas usando o código genético, buscando conduzir os estudantes a relembrem o assunto. Esta se resume a fabricação da fita de DNA e sua abertura, a partir de um zíper com velcro e papel feltro colorido -

<https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>.

Após essa etapa, os alunos devem confrontar as hipóteses/respostas inicialmente dadas para as questões norteadoras e seriam questionados a modificá-las ou não. O intuito é que durante o manuseio do material produzido, eles possam perceber tais processos de uma maneira menos abstrata e conseguir compreender as possibilidades de modificação de genes, bem como os processos essenciais de transcrição e tradução.

Com este material os estudantes poderão levantar hipóteses relacionadas à flexibilidade do DNA e sua possível alteração quando exposto a radiação ou materiais químicos diversos, por exemplo. Poderão perceber que para que ocorra a produção de proteínas é necessária uma sequência de bases nitrogenadas se pareando. Isso pode levá-los a contestarem sobre mutações nessa sequência e possíveis consequências.



Em uma 3ª aula, devem ser apresentados estudos de caso (na forma de fichas distribuídas aos discentes) relacionados às aplicabilidades práticas referentes à tecnologia do DNA recombinante.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Essas fichas contam com notícias relacionadas ao tema, semelhantes às apresentadas na 1ª aula, para que os estudantes em equipes discutam e percebam que o tema está inserido em questões cotidianas.

Essa fase tem o intuito de continuar contextualizando o tema e despertar a curiosidade do estudante para resolução de problemas, por meio de questões norteadoras como: 1) Por que os cientistas clonaram o gene que codifica para a insulina humana em bactérias?, esperando que os alunos possam refletir sobre a necessidade de produzir proteínas humanas em células não humanas, de modo a ter ação mais específica sobre as células humanas e com menor rejeição imunológica.

Na 4ª aula, os alunos devem as hipóteses levantadas por meio da análise de dados contidos em um jogo de tabuleiro investigativo, que aborda aplicabilidades da tecnologia em questão.



São estruturadas no jogo, situações que colocarão o jogador frente a decisões a serem tomadas, o que levará a avançar na solução do problema a ser solucionado ou não.

Isso possibilitará ao estudante compreender as técnicas utilizadas na fabricação de determinados produtos recombinantes, além de elucidar técnicas de edição de DNA com enzimas de restrição.

O jogo baseia-se no RPG (*Role Playing Game*), ou jogo de interpretação de papéis, que baseia-se em uma história fictícia, geralmente narrada por um dos jogadores, que é o mestre do jogo.



Durante as narrativas, as escolhas dos jogadores vão desenrolando a história e moldando uma experiência coletiva.

A modalidade possui a versão mais antiga que é *Dungeons and Dragons*, também conhecido como D&D, criado por Gary Gygax e Dave Arneson e publicado pela primeira vez em 1974.

No Brasil, era mais difícil conseguir jogar na década de 80, já que as versões eram em inglês, ou traduzidas para o português de Portugal.

Por ser dinâmico e colaborativo, foi escolhida essa abordagem para trabalhar com o tema de DNA recombinante.

Aula 1 - Apresentação de notícia

BIOTECNOLOGIA

Cabras, coelhas e vacas transgênicas produzem fármacos de uso humano

Medicamentos podem ser extraídos do leite de animais geneticamente modificados

Link da notícia na íntegra: <https://revistapesquisa.fapesp.br/cabras-coelhas-e-vacas-transgenicas-produzem-farmacos-de-uso-humano/>

FIORAVANTI, C. Revista FAPESP, n. 339, p. 76-79, 2024. Acesso em 2025.

A notícia apresentada em maio de 2024 pela Revista FAPESP traz dados revolucionários sobre a técnica do DNA recombinante e a possibilidade de produção de insulina, proteína antitrombina, dentre outros, no leite de animais comerciais.

Logo abaixo, você encontra questões reflexivas que podem ser utilizadas para estimular os estudantes a criarem hipóteses que envolvem o DNA e suas propriedades.

Aula 1 - Questões reflexivas

1) Que funções têm o DNA, o RNA e as proteínas para o funcionamento das células?

2) Como são produzidas essas moléculas dentro das células?

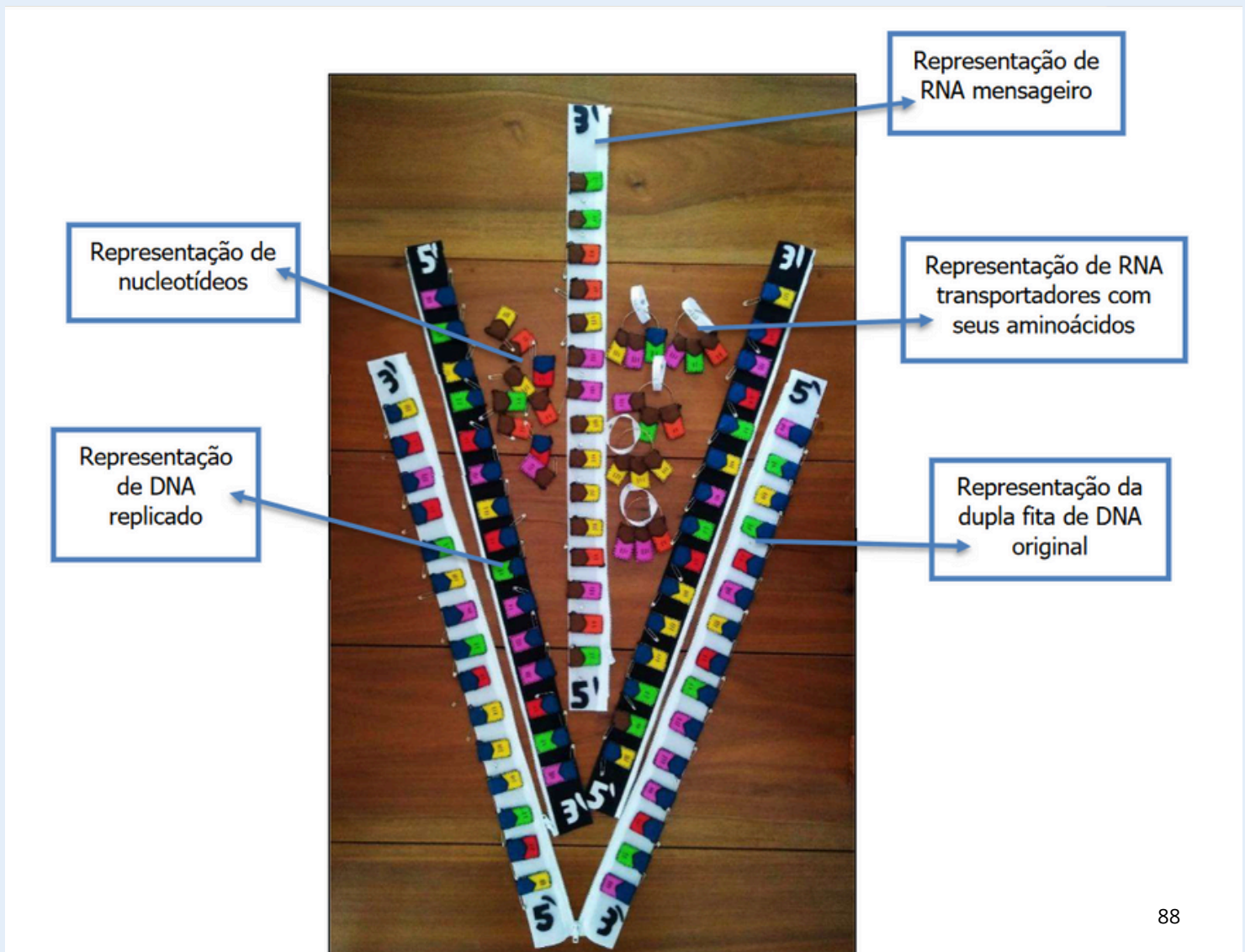
3) Como poderíamos alterar a estrutura do DNA para produzir proteínas modificadas?

Aula 2 - Conteúdo e atividade prática

Passo 1: Dê uma aula expositiva com o auxílio dos slides disponíveis no link: <https://docs.google.com/presentation/d/1Crr0zC7EWW0aVbddFAIY62gV0rBM3Q5g/edit?usp=sharing&ouid=100457349050147313937&rtpof=true&sd=true>

2- Em seguida apresente o vídeo interativo - “Do DNA à proteína”, animação 3D (vídeo do canal Yourgenome da plataforma YouTube, com duração de 2min41s, publicado em 2015) mostrando os processos de transcrição e tradução - disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA&t=161s>)

3- Por fim, com os materiais previamente preparados, monte com os estudantes a atividade desenvolvida por Paes (2019), disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>



Aula 3 - Estudos de caso

Uma Segunda Chance: A História de G. M.

G. M., um jovem de 17 anos, vivia na pequena cidade de Campo Sereno. Desde criança, ele sabia que sua vida era diferente. Diagnosticado com hemofilia A, G.M. não podia brincar como as outras crianças. Uma simples queda poderia causar um sangramento interno grave, e visitas ao hospital eram uma rotina para ele e sua mãe, D.

As coisas se complicaram quando o rapaz teve um pequeno acidente tratando suas galinhas no sítio. Ele tropeçou e bateu o joelho em uma pedreira. O que parecia um machucado simples rapidamente evoluiu para um hematoma extenso e doloroso. No hospital local, D. foi informada de que os estoques do fator VIII, a proteína necessária para a coagulação do sangue de G.M., estavam baixos.

O médico dele, explicou à família sobre uma solução moderna: proteínas coagulantes produzidas a partir de DNA recombinante. "Essas proteínas não dependem de doações de sangue humano, e são muito mais seguras e eficazes." Ele contou que o hospital estava participando de um programa piloto que disponibilizava essas proteínas para pacientes como G.M.

A mãe logo se encheu de esperança e permitiu a participação de seu filho nos estudos científicos.

Aula 3 - Estudos de caso

A vida menos doce

C. era uma jovem de 16 anos que vivia em uma pequena cidade no interior. Sempre foi cheia de energia, adorava jogar vôlei e participar das aulas de dança na escola. No entanto, nas últimas semanas, algo parecia errado. Ela sentia sede o tempo todo, ia ao banheiro com frequência e estava sempre cansada. Sua mãe, preocupada, marcou uma consulta médica.

Após alguns exames, veio o diagnóstico: Ela tinha diabetes tipo 1. "Seu corpo não produz mais insulina", explicou o médico. Falou sobre a importância da insulina para que suas células consigam usar o açúcar que está no sangue e explicou que ela precisaria de injeções diárias para manter sua saúde.

Nos dias que se seguiram, Clara e sua família aprenderam sobre o tratamento. Foi aí que o médico mencionou algo fascinante: a insulina que ela usaria era "insulina recombinante", produzida por tecnologia avançada.

"Antigamente, a insulina vinha do pâncreas de porcos e bovinos", mas hoje, usamos engenharia genética. Inserimos o gene humano que codifica a insulina em bactérias ou leveduras, e elas passam a produzi-la. É muito mais eficiente, segura e parecida com a insulina natural do nosso corpo."

A menina estava intrigada e começou a pesquisar mais sobre o assunto e descobriu que a insulina recombinante foi uma das grandes conquistas da biotecnologia, revolucionando o tratamento do diabetes.

No começo, ajustar-se ao novo estilo de vida não foi fácil. C. precisava medir seu nível de glicose várias vezes ao dia, calcular as doses de insulina e prestar atenção à alimentação. Algumas vezes, sentiu-se desanimada, especialmente quando não podia comer doces à vontade como antes. Mas com o tempo conseguiu encontrar equilíbrio.

Aula 3 - Estudos de caso

O crescimento feliz

A. era uma menina de 10 anos que vivia em uma vila tranquila e que, apesar de sua alegria contagiante, ela era menor que seus colegas de classe, o que frequentemente gerava comentários e olhares curiosos.

Após uma consulta com um endocrinologista, a família recebeu o diagnóstico: deficiência do hormônio do crescimento (GH).

A mãe ficou apreensiva. "Há algo que possamos fazer?", perguntou ao médico e ele explicou sobre o hormônio do crescimento recombinante. Ele contou que, décadas atrás, o GH só podia ser extraído de glândulas pituitárias de cadáveres, um processo caro, limitado e com riscos de contaminação. Mas, graças à biotecnologia moderna, cientistas aprenderam a usar DNA recombinante para produzir o hormônio de forma segura e eficiente.

Depois de muita reflexão e conversas, a família decidiu iniciar o tratamento. A menina começou a receber injeções diárias do hormônio recombinante. No início, ela achou estranho, mas logo encarou isso como parte de sua rotina.

Os resultados vieram aos poucos. Em poucos meses, os pais notaram mudanças: suas roupas ficaram pequenas e seus pés cresceram, algo que nunca tinha acontecido antes. Mas o impacto mais significativo foi na confiança de A. Ela começou a participar de esportes, fez novos amigos e até se inscreveu em um concurso de dança da escola.

Aula 3 - Questões reflexivas

1) Por que os cientistas clonaram o gene que codifica para a insulina humana em bactérias?

2) Como é realizada a produção de proteínas humanas essenciais para processos metabólicos, em laboratório, com o auxílio da biotecnologia?

3) Qual a importância de produtos recombinantes em nossa sociedade?

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”

Livro de regras

Você, Mestre do jogo, tem o poder de dar vida ao mundo de The Mystery. Como fazer isso?

Simples! Este é um jogo de interpretação em que você é responsável por criar os

cenários e

descrições. Por exemplo:

“Vocês chegam à biblioteca, ela parece um pouco velha, mas ainda assim é um

lugar

aconchegante.”

Assim, cabe a você decidir como cada cenário será apresentado, já que The Mystery se

baseia totalmente na interpretação. Não há uma biblioteca específica, você

descreve como

ela é.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”

Livro de regras

O tabuleiro serve para indicação dos cenários.

Portanto, o mestre que vai narrar o jogo, prioritariamente deve ser alguém que goste de fazer isso.

Esse é um material colaborativo, que tem o intuito de fazer com que a somativa de conhecimento faça chegar a algum lugar. Nesse caso, há um problema com uma pessoa que apresenta sintomas específicos, e que irá viver ou morrer com base nas escolhas e conclusões de quem está jogando.

As narrativas são baseadas em um mundo encantado, onde muita coisa pode acontecer, e o mestre, que conduz o jogo, pode desfrutar de sua criatividade para criar cenários incalculáveis.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Mecânica de Investigação

Cada jogador ou grupo tem um dado de 20 lados para a investigação. Ao examinar um cenário, eles rolam o dado para determinar quantas informações obtêm:

- 1-5: 1 informação
- 6-10: 2 informações
- 11-15: 3 informações
- 16-20: 4 informações

Exemplo:

- Bertoldo rola 15 (resultado suficiente para obter 3 informações).

Quando os jogadores já tiverem chegado a uma conclusão, que pode ser em qualquer momento do jogo, eles podem confrontar o problema e apresentar ao mestre o que eles acham que houve com o paciente, declarando a afirmação da possível doença e sua cura, se estiver correta, os jogadores vencem, mas se estiver errado o paciente morre, e eles perdem, Cabe ao mestre ditar o que aconteceu de errado, e por que eles erraram.

Aula 4 -Jogo “The mistery: Salvando vidas”



Relatório Médico: Drhilw, o Ferreiro

Nome: Drhilw

Idade: 231 invernos

Raça: **Elfo Dourado**

Classe: Guerreiro aposentado, agora ferreiro na Vila de Brodell

Data de Admissão: 12º dia do Mês da Colheita Sombria

Motivo: Apresenta sintomas de desorientação e uma fraqueza profunda chamada “Sopro da Névoa Sombria”. Suspeita-se de uma maldição ancestral ou influência mágica.

Histórico Recente:

Nas últimas semanas, Drhilw experimentou sede insaciável, vagando por riachos e bebendo elixires místicos. À noite, ele é atraído por um sussurro na floresta sombria e sofre lapsos de memória e raciocínio. Seu hálito exala um aroma doce, como o néctar das

Orquídeas do Abismo.

Exame Físico Inicial:

- Aparência Geral: Exaurido e letárgico, sua pele opaca e seca sugere desgaste.
 - Olhos: Enevoados, sugerindo uma visão entre mundos.
 - Respiração e Pulso: Rápidos e irregulares.
 - Aura: Fraco brilho violeta no torso, indicando possível magia antiga.
- Sintomas e Diagnóstico:

Curandeiros suspeitam de uma maldição chamada “Corrente do Doce Mal,” que pode levar ao “Sono do Véu Sombrio.” Drhilw está em tratamento com chá de raízes negras, incensos purificadores e elixires das Trevas. Ele segue em observação, podendo precisar de um clérigo se a condição se agravar.

(Drhilw é o paciente que os jogadores tem que tratar).

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



A partir daqui o mestre tem as informações de cada local, a ser escolhido pelo jogador que rolou o dado.

HOSPITAL:

Relatório Médico 1

Paciente: Thalindor Zorlanar

Raça: Elfo (Alta Elfa)

Idade: 218 anos (aproximadamente 60 anos humanos)

Sexo: Masculino

Data de falecimento: 17 de Altura do Outono, Ano 1234

Histórico Clínico:

Thalindor era um erudito altamente respeitado entre os elfos, com grande conhecimento sobre os antigos feitiços de manipulação da energia vital. Nos últimos anos, apresentou sinais de extrema fadiga, boca seca constante e uma inquietante perda de vitalidade, que não conseguiam ser explicados, mesmo com os mais avançados feitiços curativos. Sua appetite estava desregulado e ele sofria de intenso desejo por líquidos. O exame de magia realizado em sua essência revelou uma crescente disfunção no fluxo de sua energia vital, afetando diretamente o funcionamento de seus órgãos internos.

Desfecho:

Durante um estudo sobre os antigos artefatos elfos, Thalindor entrou em um estado de desmaio profundo, com a pulsação diminuída. Após uma breve internação em uma câmara de cura, ele apresentou uma falência nos órgãos vitais, incluindo os rins e o coração, resultando em falecimento após parada cardiorrespiratória. Não houve resposta a nenhum feitiço de reequilíbrio energético, e sua morte foi considerada um colapso das energias vitais devido a um desequilíbrio em sua constituição mágica interna.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório Médico 2

Paciente: Gruntor Ironscar

Raça: Anão (Anão das Montanhas)

Idade: 153 anos (aproximadamente 50 anos humanos)

Sexo: Masculino

Data de falecimento: 1º de Outubro do Ano 1241

Histórico Clínico:

Gruntor era um ferreiro renomado, cuja força e resistência eram lendárias. No entanto, nos últimos meses, ele vinha se queixando de extrema sede, cansaço e suor excessivo. Ao realizar uma inspeção detalhada de seu estado físico, foi constatada uma dificuldade crescente em manter sua vitalidade, com seus órgãos sendo progressivamente afetados. Seus membros apresentavam fraqueza, e ele começava a sentir dores nas articulações que não respondiam aos tradicionais unguentos e poções curativas. Gruntor foi monitorado com feitiços de diagnóstico que indicaram um desequilíbrio profundo em seus fluxos internos de energia, especialmente no que dizia respeito ao equilíbrio dos elementos que compõem sua constituição.

Desfecho:

O paciente foi encontrado inconsciente em seu forminha de trabalho, com os sinais vitais em queda. A magia curativa aplicada não teve sucesso, e ele faleceu após uma série de complicações em seus sistemas internos, incluindo falência renal e cardíaca. Não foi possível estabilizar o equilíbrio dos elementos essenciais ao seu corpo, levando à falência de múltiplos órgãos. Sua morte foi atribuída ao colapso de sua força vital.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório Médico 3

Paciente: Ilyana Starwind

Raça: Meio-Elfa (Elfa e Humana)

Idade: 34 anos

Sexo: Feminino

Data de falecimento: 22 de Fogo do Sol, Ano 1243

Histórico Clínico:

Ilyana era uma aventureira que, ao longo de sua vida, enfrentou muitos perigos e desafios. Nos últimos tempos, ela se queixava de tremores nas mãos, visão turva e grande apatia, além de um aumento incomum de sede e necessidade de urinar com frequência. Exames realizados com magia diagnosticaram uma alteração no equilíbrio da sua energia interna. Ilyana, sendo uma meio-elfa, possuía uma conexão energética única entre a magia arcana e os fluxos vitais de sua linhagem. Contudo, essa conexão estava comprometida, provocando distúrbios no metabolismo de sua energia. Ela também perdeu considerável massa muscular e apresentava sinais de desidratação severa, apesar da ingestão constante de líquidos.

Desfecho:

Após um confronto com uma criatura mística em uma missão, Ilyana entrou em colapso físico e foi rapidamente levada para o templo mais próximo. Durante a tentativa de cura, sua condição se deteriorou rapidamente, com seus órgãos começando a falhar um a um. Não foi possível restaurar sua essência vital, e a morte foi causada por uma falência múltipla dos sistemas do corpo, devido ao desequilíbrio profundo da magia que alimentava sua alma e energia.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório Médico 4

Paciente: Fergar Kaldorn

Raça: Orc

Idade: 42 anos (aproximadamente 25 anos humanos)

Sexo: Masculino

Data de falecimento: 10 de Lua Crescente, Ano 1245

Histórico Clínico:

Fergar, um guerreiro de grande estatura e força, começou a relatar episódios de cansaço extremo, dor abdominal e náuseas persistentes após refeições pesadas, algo incomum para um orc de sua constituição. Durante um período de descanso, ele se queixou de uma sede insaciável e foi observado com mãos trêmulas e hálito doce. Embora fosse tratado com poções de recuperação rápida, ele não melhorava, e suas feridas demoravam mais do que o normal para cicatrizar. A magia de diagnóstico revelou que havia uma série de distúrbios nas suas funções metabólicas, com alterações profundas nas flutuações de sua força vital.

Desfecho:

Após uma batalha que exigiu grande esforço físico, Fergar desmaiou e foi levado para os cuidados de um xamã tribal. Durante o processo de cura, o paciente não respondeu aos feitiços de regeneração e teve um rápido colapso de suas funções orgânicas. A morte foi declarada após falência cardíaca e insuficiência renal, resultante de um distúrbio de sua energia vital que o impediu de sustentar sua constituição física robusta.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



BIBLIOTECA: estudos de caso

O Mistério do Fluido Estranho

"Nos confins do Reino, onde os ventos do Norte acariciam as terras esquecidas, surgem rumores de um fenômeno desconhecido. Os alvos de tal maldição são os que se aventuram por terras distantes, onde o corpo parece ser tocado por uma força invisível. Em seus sangues, algo estranho se manifesta: uma substância viscosa, doce ao paladar, quase como néctar. Alquimistas e magos antigos, ao investigarem tais casos, falam em enigmas ainda não resolvidos. Alguns acreditam que um feitiço perdido dos tempos mais antigos, talvez um artefato mágico de um deus há muito esquecido, tenha sido desencadeado, fazendo com que a vitalidade das vítimas se transforme em algo mais... peculiar. Porém, até hoje, ninguém consegue identificar sua verdadeira origem."

A Fome Sem Fim

"Canta-se nos salões de muitas tavernas e nos mercados das grandes cidades sobre uma fome que nunca se sacia. Aqueles tocados por esse mal, após devorar banquetes inteiros, ainda encontram seus estômagos vazios, como se um vazio profundo os consumisse por dentro. Não se sabe se é uma maldição, ou talvez algum feitiço das antigas, mas seus efeitos são claros. Há quem diga que é o fogo interno do corpo, perdido ou corrompido por algum encantamento antigo, ou quem saiba, por um artefato de poder incontrolável. Mas, até o momento, nenhuma mente sagaz conseguiu discernir o verdadeiro significado desta insaciável fome, que se espalha como o vento."

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



A Carga Nos Membros

"Em relatos de muitos aventureiros, especialmente aqueles que enfrentaram longas jornadas ou batalhas titânicas, surge um relato comum: uma sensação de peso insuportável nos membros. Apesar de se recuperarem do cansaço físico, as articulações e os músculos parecem carregar uma carga invisível. Até mesmo os curandeiros mais habilidosos e os magos mais experientes não conseguem curar tal mal, que parece ir além de um simples desgaste físico. Alguns afirmam que a alma do corpo é drenada, mas de onde vem tal força? De que lugar distante ou maldição ela se origina? O que se sabe é que esse mal se espalha, e sua causa permanece envolta em um manto de sombras."

O Fluxo de Águas Esquisitas

"Nos cantos mais profundos das cidades e vilarejos esquecidos, onde as estrelas se escondem atrás das nuvens, alguns falam de uma mudança estranha nos fluídos corporais dos habitantes. Não apenas a frequência das idas ao banheiro se altera, mas algo nos próprios líquidos do corpo parece estar... corrompido. A urina de certos indivíduos brilha com uma luz estranha, ou possui uma aparência incomum, como se estivessem possuídos por uma essência que não pertence ao mundo mortal. Alguns curandeiros acreditam que essa alteração é o reflexo de uma maldição que afeta o equilíbrio interno dos corpos, talvez pela influência de um deus perdido ou de uma magia ancestral. Outros especulam que algum veneno esquecido nas profundezas da terra tenha encontrado seu caminho até os homens. Seja como for, este fenômeno continua a perplexidade de todos que o testemunham."

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório de Observações de Pacientes produzido no LABORATÓRIO

1. Encontrado em um arquivo de madeira empoleirada, este relatório de observações descreve uma série de sintomas que confundiram os médicos do laboratório:

"Pacientes estão demonstrando um desejo insaciável de líquidos, mesmo após grandes quantidades de água terem sido consumidas. A sede persiste, e os indivíduos frequentemente se queixam de uma sensação de secura na boca, apesar da ingestão contínua de líquidos. Não há sinais de infecção ou febre, e os fluidos corporais parecem estar em equilíbrio com o restante do corpo, mas os sintomas continuam a persistir. Em um grupo mais amplo de estudo, também foi observada uma perda de peso gradual, apesar da ingestão alimentar aumentada."

Esta observação é intrigante, mas não oferece uma explicação clara, deixando o mistério para ser resolvido.

2. Anotações do Alquimista: A Fome Insaciável

Em uma mesa cheia de frascos e ervas secas, os jogadores encontram um pedaço de papel rabiscado, aparentemente uma anotação inacabada de um alquimista:

"Os sujeitos experimentais começaram a se comportar de forma estranha. Mesmo após o consumo de grandes quantidades de alimentos, todos continuavam a expressar sinais de uma fome insaciável. Isso não é normal. O corpo está consumindo calorias, mas algo impede que essa energia seja utilizada corretamente. Não importa o quanto eles comam, sempre retornam pedindo mais. Algo dentro deles está... errado. Como se o corpo não conseguisse entender o que está recebendo. A energia não está sendo absorvida, ou transformada."

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



3. Caderno de Observações de Fluidos Corporais

Em uma prateleira empoeirada, os jogadores encontram um caderno de anotações sobre fluídos corporais. As anotações são técnicas e contêm detalhes sobre análises

feitas em amostras biológicas. Uma página diz:

"Após a coleta de amostras de urina de diversos indivíduos, alguns mostraram uma alteração peculiar na cor e na composição. A urina de alguns pacientes apresenta uma diluição incomum, com uma tonalidade quase cristalina e um leve aroma doce. Esse fenômeno é digno de nota, pois não é comum em nenhum dos padrões normais observados até agora. A substância também é mais abundante, apesar da ingestão moderada de líquidos. A causa para isso ainda permanece desconhecida."

4. Relatório de Experimento: Mudanças no Metabolismo

Em uma gaveta trancada, os jogadores encontram um relatório de experimentos que detalha mudanças no comportamento metabólico de criaturas em estudo:

"Sujeitos alimentados com uma dose aumentada de nutrientes estão apresentando efeitos inesperados. Há uma falha em processar os nutrientes

adequadamente. Os corpos não conseguem armazenar a energia de maneira eficaz, como se estivessem em um ciclo constante de excesso de combustível sem poder utilizá-lo. Os indivíduos começam a acumular uma substância doce e espessa no sangue, que parece interferir em suas funções vitais. Não há explicação para o acúmulo, mas a condição piora com o tempo."

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Como os jogadores Podem Descobrir a Verdade?

Cada uma dessas pistas é encontrada separadamente no laboratório. O que elas têm em comum é que todas descrevem sintomas que, de forma isolada, não oferecem uma imagem clara. Somente após o estudo cuidadoso de todas essas pistas os jogadores começam a perceber que algo está errado com a forma como o corpo está processando alimentos e energia.

- Pista 1 (Sede e perda de peso com ingestão aumentada de alimentos) sugere uma falha no metabolismo, mas sem ligar a causa ao sangue ou energia.
- Pista 2 (Fome insaciável) indica que, apesar do consumo, o corpo não consegue utilizar a energia adequadamente.
- Pista 3 (Alterações na urina) sugere um acúmulo de algo no corpo, talvez uma substância relacionada a essa falha metabólica.
- Pista 4 (Relatório de experimentos com metabolismo) menciona o acúmulo de uma substância doce e espessa no sangue, o que começa a levantar a possibilidade de uma condição ligada ao processamento incorreto dos nutrientes.

Essas informações isoladas começam a formar um quadro de uma condição crônica que afeta a capacidade do corpo de processar alimentos corretamente, o que é, em última análise, a diabetes. No entanto, os jogadores precisariam investigar ainda mais para entender completamente o mal que aflige aqueles que o sofrem.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Depois do término do jogo, em caso de os jogadores descobrirem o que é a doença, ou em caso de os jogadores não chegarem a conclusão correta, e o mestre tenha que explicar que a doença é o diabetes, deve-se fazer a pergunta final: COMO O PACIENTE PODE OU PODERIA SER SALVO? DE QUE MANEIRA A BIOTECNOLOGIA AUXILIA NOS DIAS ATUAIS, COMO ESSE CASO ESPECÍFICO?

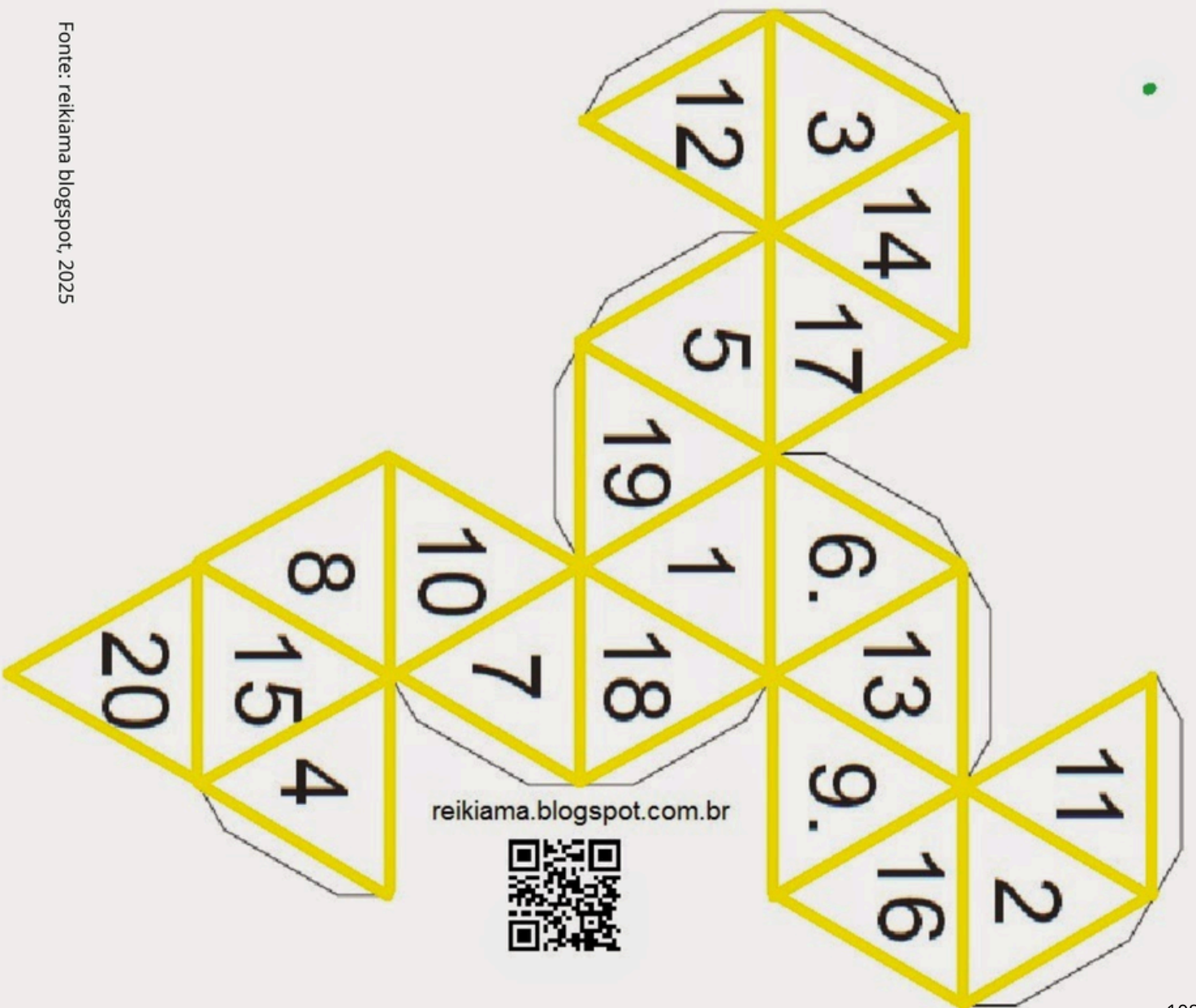
Espera-se que, após as abordagens realizadas durante a sequência, os estudantes consigam falar sobre a insulina, e sobre a utilização da técnica do DNA RECOMBINANTE, bem como sua importância biotecnológica.

Aula 4 - Jogo “The mistery: Salvando vidas”



Modelo do dado de 20
lados para RPG.

Se quiser, pode
utilizar dados online
disponível em :
[https://www.dados-
online.pt/dados-para-
rpg.html](https://www.dados-online.pt/dados-para-rpg.html)



Fonte: reikiama.blogspot, 2025

Referências do capítulo

GOMES, A. R. Contando histórias por décadas, jogando RPG. **UnB Notícias**. 23 maio 2022. Disponível em: <https://noticias.unb.br/artigos-main/5737-contando-historias-por-decadas-jogando-rpg>. Acesso em: 13 out. 2024.

MARQUES, C. H. **Aspectos fundamentais à implantação da tecnologia de produção de anticorpos monoclonais humanizados com potencial aplicação terapêutica**. 2005. 109 p. Dissertação de mestrado — Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/5781/carlos-humbertomarques.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 12 jul. 2023.-

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

MOREIRA, C. Enzima de restrição. **Revista de ciência elementar**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 12, 05 jan. 2012. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2014/033/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

NASCIMENTO, Rakel Gomes do; et al. Prática lúdica “DNA recombinante” e sua influência na percepção e no conhecimento de estudantes sobre biotecnologia e enzimas de restrição. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 262-282, 05 nov. 2020. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/723/691>. Acesso em: 12 jul. 2023.

OLIVEIRA, A. C. C.; SILVA, F. V. As ementas e os recursos didáticos empregados no ensino sobre tecnologia do DNA recombinante em um curso de licenciatura em ciências biológicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230123>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PAES, K. C. **Da molécula de DNA às proteínas: dinamizando o ensino por meio de materiais didáticos e ludicidade**. 2019. 95 p. Dissertação de mestrado — Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2019. Disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wpcontent/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2023.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).