



caderno do
PROFESSOR

BIOLOGIA



ensino médio
2ª SÉRIE
volume 4 - 2009





GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretário da Educação
Paulo Renato Souza

Secretário-Adjunto
Guilherme Bueno de Camargo

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenadora de Estudos e Normas
Pedagógicas
Valéria de Souza

Coordenador de Ensino da Região
Metropolitana da Grande São Paulo
José Benedito de Oliveira

Coordenador de Ensino do Interior
Rubens Antonio Mandetta

Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE
Fábio Bonini Simões de Lima

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

Concepção
Guiomar Namó de Mello
Lino de Macedo
Luís Carlos de Menezes
Maria Inês Fini
Ruy Berger

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

**Diretor de Gestão de Tecnologias aplicadas à
Educação:**
Guilherme Ary Plonski

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

AUTORES

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov,
Adilton Luís Martins e Renê José Trentin Silveira

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu
Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo,
Regina Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

História: Paulo Miceli, Diego López Silva,
Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e
Raquel dos Santos Funari

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de
Souza Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe,
Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina
Schrijnemaekers

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabíola Bovo
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana,
Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso
Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina
Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto,
Julio César Foschini Lisbôa, Lucilene Aparecida
Esperante Limp, Maira Batistoni e Silva, Maria
Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo
Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro,
Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão,
Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume

Física: Luis Carlos de Menezes, Estevam
Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís
Paulo de Carvalho Pias, Marcelo de Carvalho
Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira,
Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia
Salem e Yassuko Hosoume

Química: Maria Eunice Ribeiro Marcondes,
Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza,
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de
Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria
Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa
Esperidião

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins,
Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino
e Sayonara Pereira

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges,
Alzira da Silva Shimoura, Livia de Araújo Donnini
Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles
Fidalgo

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet
Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar,
José Luís Marques López Landeira e João Henrique
Nogueira Mateos

Matemática

Matemática: Nilson José Machado, Carlos
Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz
Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério
Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e
Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice
Murrice

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Carla de
Meira Leite, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias
de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiza Christov,
Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo Mendes,
Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa
Stark, Ruy César Pietropaolo, Solange Wagner
Locatelli e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Assessores: Denise Blanes e Luis Márcio Barbosa

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrice

Edição e Produção Editorial: Conexão Editorial,
Edições Jogo de Amarelinha, Aeroestúdio e Occy
Design (projeto gráfico)

APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da
Educação

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.
S239c Caderno do professor: biologia, ensino médio - 2ª série, volume 4 /
Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Felipe
Bandoni de Oliveira, Ghisleine Trigo Silveira, Lucilene Aparecida Esperante
Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Roberto da Cunha,
Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira. – São Paulo : SEE, 2009.
ISBN 978-85-7849-389-9
1. Biologia 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Oliveira,
Felipe Bandoni de. III. Silveira, Ghisleine Trigo. IV. Limp, Lucilene Aparecida
Esperante. V. Pereira, Maria Augusta Querubim Rodrigues. VI. Cunha, Paulo
Roberto da. VII. Silveira, Rodrigo Venturoso Mendes da. VIII. Título.
CDU: 373.5:573



Caras professoras e caros professores,

Este exemplar do Caderno do Professor completa o trabalho que fizemos de revisão para o aprimoramento da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo.

Graças às análises e sugestões de todos os professores pudemos finalmente completar um dos muitos recursos criados para apoiar o trabalho em sala de aula.

O conjunto dos Cadernos do Professor constitui a base estrutural das aprendizagens fundamentais a serem desenvolvidas pelos alunos.

A riqueza, a complementaridade e a marca de cada um de vocês nessa elaboração foram decisivas para que, a partir desse currículo, seja possível promover as aprendizagens de todos os alunos.

Bom trabalho!

Paulo Renato Souza

Secretário da Educação do Estado de São Paulo





SUMÁRIO

São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado	5
Ficha do Caderno	7
Orientação sobre os conteúdos do Caderno	8
Situação de Aprendizagem 1 – Teste de identificação pelo DNA	9
Situação de Aprendizagem 2 – Como produzir um transgênico?	22
Situação de Aprendizagem 3 – Debate sobre transgênicos	35
Proposta de Situação de Recuperação	39
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	40





SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Caros(as) professores(as),

Este volume dos Cadernos do Professor completa o conjunto de documentos de apoio ao trabalho de gestão do currículo em sala de aula enviados aos professores em 2009.

Com esses documentos, a Secretaria espera apoiar seus professores para que a organização dos trabalhos em sala de aula seja mais eficiente. Mesmo reconhecendo a existência de classes heterogêneas e numerosas, com alunos em diferentes estágios de aprendizagem, confiamos na capacidade de nossos professores em lidar com as diferenças e a partir delas estimular o crescimento coletivo e a cooperação entre eles.

A estruturação deste volume dos Cadernos procurou mais uma vez favorecer a harmonia entre o que é necessário aprender e a maneira mais adequada, significativa e motivadora de ensinar aos alunos.

Reiteramos nossa confiança no trabalho dos professores e mais uma vez ressaltamos o grande significado de sua participação na construção dos conhecimentos dos alunos.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola







FICHA DO CADERNO

Biotecnologia: tecnologias de manipulação do DNA

Nome da disciplina: Biologia

Área: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Etapa da educação básica: Ensino Médio

Série: 2^a

Volume: 4

Temas e conteúdos: Biotecnologia: tecnologias de manipulação do DNA

Principais tecnologias utilizadas na transferência de DNA: enzimas de restrição, vetores e clonagem molecular

Engenharia Genética e produtos geneticamente modificados: alimentos, hormônios, vacinas e medicamentos

Riscos e benefícios de produtos geneticamente modificados no mercado: a legislação brasileira





ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Caro(a) professor(a),

Este Caderno apresenta uma coleção de atividades sobre tecnologias produzidas com base na Biologia Molecular. Entre essas tecnologias estão a biotecnologia, a construção de organismos transgênicos, a produção de biofármacos e a determinação do perfil genético para fins de identificação pessoal e análise de predisposição a doenças.

Consideramos que este material pode ser utilizado na 2ª série do Ensino Médio, pois os alunos já trabalharam aspectos básicos da herança biológica e apresentam conhecimentos fundamentais sobre biologia da célula e organização molecular da vida.

Os temas tratados neste Caderno têm se destacado na mídia, e suas implicações atuais e futuras são abertamente discutidas por diferentes lideranças políticas, religiosas, científicas, entre outras. Essas discussões que chegam aos diferentes setores da população por meio da imprensa solicitam

posicionamento consciente e fundamentado de cada cidadão.

Para que nossos alunos possam se posicionar diante dessas questões, é importante que, além de repertório conceitual, possuam capacidade leitora bem desenvolvida, já que a maior parte das informações transmitidas sobre o tema está impregnada de intenções e interesses. Além disso, é essencial que desenvolvam a habilidade de elaborar, analisar e criticar argumentos, fundamental na abordagem de temas que envolvem implicações tecnológicas, ambientais e éticas. As Situações de Aprendizagem propostas priorizam o trabalho prático e coletivo, quando os alunos podem reformular suas ideias e confrontá-las com as dos colegas, o que amplia as possibilidades de argumentação em sala de aula. No entanto, esse tipo de atividade pode exigir uma redistribuição do tempo planejado de acordo com o envolvimento dos alunos. Por esse motivo, sugerimos Situações de Aprendizagem independentes, que podem ser modificadas ou selecionadas de acordo com suas necessidades.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 TESTE DE IDENTIFICAÇÃO PELO DNA

Para iniciar o nosso trabalho com conteúdos de biotecnologia, vamos apresentar aos alunos algumas técnicas de manipulação do ácido desoxirribonucleico (DNA). Começaremos com os testes de identificação por DNA por ser uma prática bastante atual, associada à identificação de paternidade, em casos de dúvi-

da. Vamos aproveitar a atenção que a mídia dá ao assunto para envolver os alunos na temática e simular com eles a resolução de um caso de disputa de paternidade. Algumas etapas da técnica de identificação por DNA serão simuladas e discutidas para a construção de uma narrativa que explique o que os alunos aprenderam.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: teste de identificação por DNA; enzimas de restrição; eletroforese; clonagem molecular.

Competências e habilidades: compreender as técnicas usadas em biotecnologia, relacionando-as aos principais conceitos de Genética e Biologia Molecular; elaborar cartas e textos narrativos sobre a temática em discussão.

Estratégias: simulação de teste de DNA; enfrentamento de situações-problema.

Recursos: Caderno do Aluno.

Avaliação: elaboração de uma história em quadrinhos, peça de teatro ou carta; participação e interesse no desenvolvimento das etapas da Situação de Aprendizagem.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem

Antes de iniciar o trabalho de identificação por DNA, você pode propor aos alunos que resgatem os conceitos básicos sobre a molécula de DNA e o processo de transcrição e de tradução. No final do Caderno do Aluno, há um esquema com diferentes modelos dos desoxirribonucleotídeos que compõem a molécula de DNA e dos ribonucleotídeos que formam a molécula de RNA. Com eles você poderá simular uma molécula de DNA, replicá-la e posteriormente simular a síntese de RNA com seus alunos.

O desafio proposto aos alunos, organizados em duplas, é montar uma molécula de DNA que tenha dez pares de nucleotídeos, sendo 30% de adenina. A seguir, devem replicar a molécula que fizeram, utilizando os nucleotídeos restantes. Por fim, eles podem transcrever a molécula de DNA, usando apenas uma das fitas como molde para produzir um RNA complementar.

As ilustrações a seguir mostram um quadro para os alunos recortar, um exemplo de uma molécula de DNA montada e um exemplo da molécula de RNA complementar.

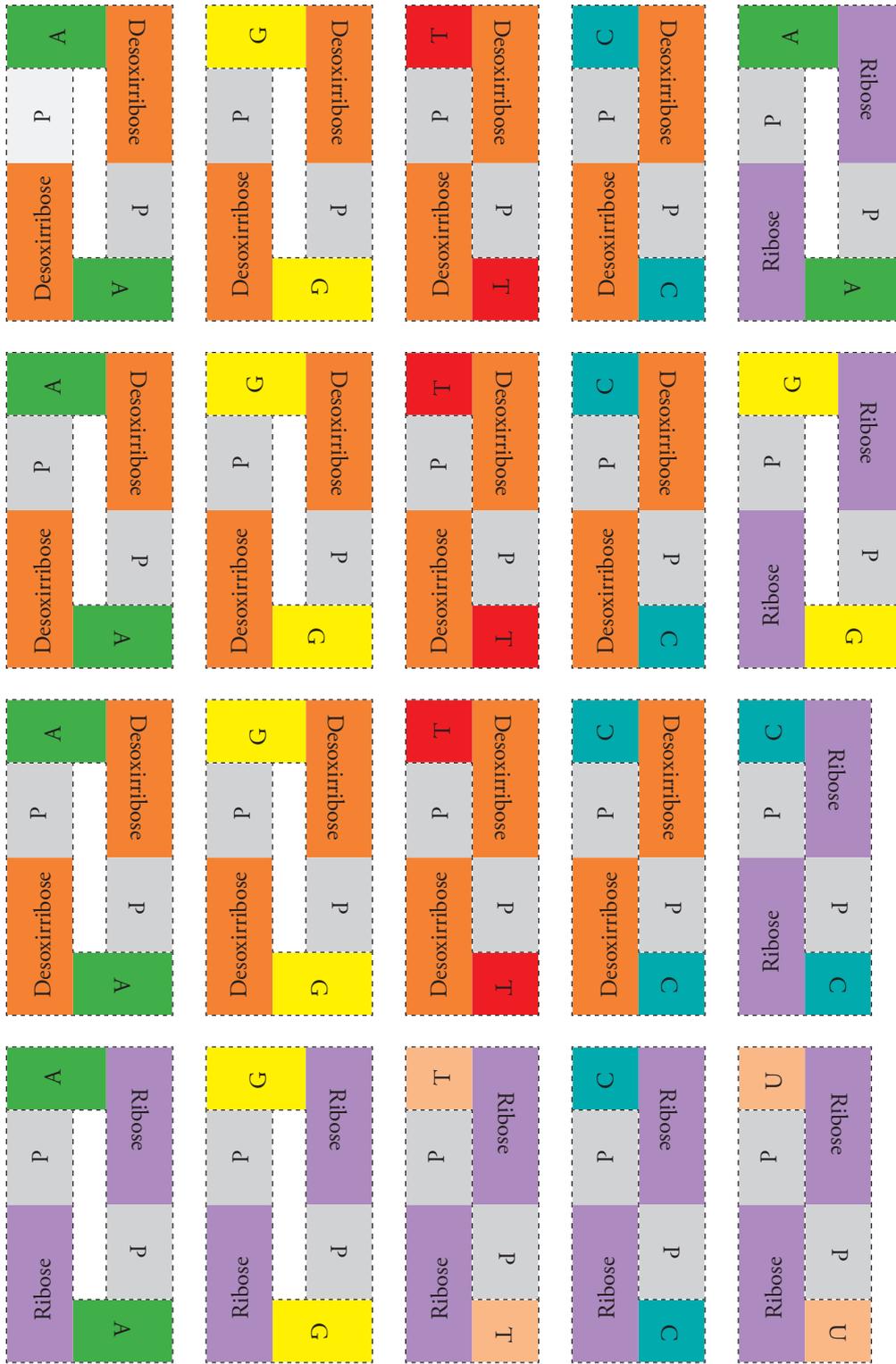


Figura 1 – Quadro de nucleotídeos.

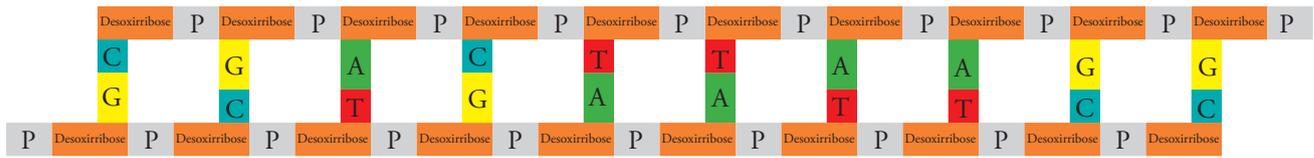


Figura 2 – Exemplo de molécula de DNA montada com os núcleos.



Figura 3 – Exemplo de molécula de RNA complementar montada com os núcleos.

Passo a passo da montagem

Molécula de DNA

Solicite aos alunos que recortem os nucleotídeos nas linhas de corte indicadas. Cada “L” representa um nucleotídeo.

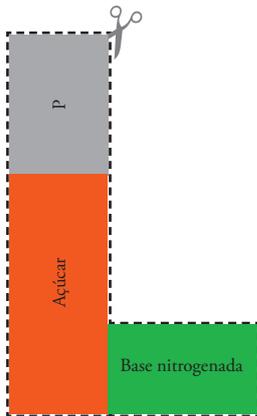


Figura 4 – Exemplo de nucleotídeo recortado.

Peça que separem os desoxirribonucleotídeos dos ribonucleotídeos.

O passo seguinte é calcular quantos nucleotídeos adenina a molécula deve conter, considerando 30% de adenina. Na atividade pro-

posta, são seis adeninas. A seguir, os alunos devem calcular quantas timinas, citosinas e guaninas a molécula precisa conter: seis timinas, quatro guaninas e quatro citosinas.

Espalhando os nucleotídeos recortados sobre a mesa, peça que montem uma fita da molécula de DNA com dez nucleotídeos (metade do total de nucleotídeos da molécula). Cada nucleotídeo deve ser adicionado justapondo a região fosfato (P) com a região desoxirribose do nucleotídeo anterior (veja Figura 2). A seguir, os alunos devem montar a segunda fita, que é complementar e antiparalela à primeira, finalizando a molécula de DNA.

Replicação do DNA

Peça aos alunos que separem as duas fitas da molécula de DNA montada (fitas-molde). Agora eles devem utilizar os nucleotídeos restantes para produzir duas novas fitas complementares aos moldes. Quando terminarem, terão duas moléculas de DNA idênticas obtidas por uma replicação semiconservativa.



Transcrição do DNA

Nesta etapa, os alunos podem utilizar uma das moléculas já produzidas ou, se você preferir, podem construir uma nova, com maior número de nucleotídeos.

Peça que eles abram a molécula de DNA montada, rompendo o pareamento entre as bases.

Agora eles escolhem uma das fitas como molde para fazer uma fita de RNA complementar ao molde, utilizando os ribonucleotídeos. Solicite que retirem o RNA produzido e alinhem novamente as duas fitas do DNA. Neste momento, eles terão uma molécula de DNA e uma molécula de RNA complementar a uma das fitas.

Caso queira, você pode solicitar aos alunos que verifiquem o possível produto da tradução desse RNA.

Etapa 1 – O mistério de *Dom Casmurro* seria resolvido pelo teste de DNA?

Um dos aspectos mais sedutores da obra *Dom Casmurro*, de Machado de Assis (Brasil, 1899), é o mistério sobre a possível traição da personagem Capitu com Escobar, o melhor amigo de Bentinho, que é o protagonista e narrador da trama. Machado de Assis constrói um personagem atormentado pelo ciúme, colocando em dúvida, inclusive, a paternidade de seu filho Ezequiel. Após a morte de Escobar, Bentinho começa a suspeitar da esposa pelo grande sofrimento que ela demonstrou durante o enterro do amigo. A desconfiança de Bentinho chega a tal ponto que o casamento termina. O filho, porém, fica sob a guarda do pai que, a cada dia, acha que a criança fica mais parecida com Escobar. Essa é uma dúvida que o protagonista não pode esclarecer, nem mesmo provar se Capitu de fato o traiu. Se o romance *Dom Casmurro* estivesse ambientado nos dias de hoje, talvez não fosse tão encantador. O culpado? O teste de DNA.

Você pode ler trechos do livro de Machado de Assis com os alunos ou pedir ao professor de Literatura que discuta o romance com eles. É importante transformar este momento em um convite para a leitura dessa e de outras obras consagradas da literatura brasileira.

As questões a seguir podem motivar a discussão entre os alunos e nortear o início desta Situação de Aprendizagem:

- Como o DNA poderia elucidar esse mistério?
Resposta pessoal. Espera-se que o aluno comente seu conhecimento sobre a técnica de

identificação por DNA estabelecendo, por exemplo, que os DNAs dos envolvidos são, de alguma maneira, comparados.

- Possivelmente, você já ouviu falar em teste de DNA. Em quais veículos de comunicação você tomou contato com esse assunto?



Quais são os materiais recolhidos dos indivíduos envolvidos para fazer o teste?

Resposta pessoal. Espera-se que os alunos comentem sobre notícias na televisão, programas semanais e reportagens em jornais e revistas. Sobre os materiais, é esperado que eles citem sangue, cabelo e sêmen, por exemplo.

Etapa 2 – Clonar o DNA e utilizar enzimas de restrição

Para resolver esse mistério seria necessário realizar um teste de DNA. Para isso, a primeira etapa para a realização do teste é coletar material biológico dos envolvidos: Capitu, Bentinho, Escobar (o melhor amigo de Bentinho) e Ezequiel (o filho). Para isso, basta coletar células dos envolvidos. Geralmente, os pesquisadores utilizam células presentes no sangue ou na mucosa da boca, mas poderiam utilizar células da pele ou presentes na raiz do cabelo.

Esse DNA é extraído das células, isolado das demais estruturas das células e purificado. Depois ele passa por um processo de clonagem molecular. Aqui, o termo “clonagem” refere-se à produção de cópias idênticas da

sequência de DNA utilizando nucleotídeos livres e uma enzima já estudada no Caderno anterior: a polimerase do DNA.

Neste momento, recupere os conteúdos desenvolvidos no Caderno do Volume 3, com questões como: *Que enzima é essa? Em que processo ela é importante? Como isso pode estar relacionado à atividade de identificação de paternidade pelo DNA?*

Atualmente, uma das técnicas mais utilizadas para amplificar trechos específicos do DNA é a PCR (reação em cadeia da polimerase). Essa técnica permite que, em um curto espaço de tempo, trechos específicos do DNA possam ser milhões de vezes amplificados.

Depois de aumentar a quantidade de DNA por meio da clonagem molecular ou PCR, os pesquisadores utilizam enzimas de restrição, proteínas capazes de cortar o DNA em pontos definidos, ou melhor, em sequências específicas. As “tesouras moleculares” foram descobertas em diferentes bactérias e, para cada uma delas, uma sequência específica do DNA é cortada. Por exemplo, no quadro a seguir, algumas enzimas e seus pontos de corte são apresentados.



Sequência reconhecida	Nome	Origem
5' GGATCC 3' 3' CCTAGG 5'	<i>Bam</i> HI	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> H
5' GAATTC 3' 3' CTTAAG 5'	<i>Eco</i> RI	<i>E. coli</i> RY 13
5' GGCC 3' 3' CCGG 5'	<i>Hae</i> III	<i>Haemophilus aegyptius</i>
5' CTGCAG 3' 3' GACGTC 5'	<i>Pst</i> I	<i>Providencia stuartii</i>
5' CTCGAG 3' 3' GAGCTC 5'	<i>Xho</i> I	<i>Xanthomonas holcicola</i>

Figura 5 — Especificidade de algumas endonucleases de restrição. As setas indicam o ponto de clivagem na cadeia de DNA.

Fonte: ZAHA, Arnaldo; FERREIRA, Henrique B.; PASSAGLIA, Luciane M. P. (organizadores). *Biologia Molecular Básica*. 3ª ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, página 380, 2003.

As setas que aparecem na primeira coluna simbolizam os pontos de quebra da ligação entre um nucleotídeo e outro. Quando isso acontece, os trechos se separam, formando fragmentos de DNA.

Para simular a realização do teste de paternidade de Ezequiel, os alunos terão acesso a algumas sequências fictícias de DNA humano. E sua tarefa será a de utilizar a enzima fictícia MDA. Essa proteína quebra as ligações apenas quando encontra a sequência de DNA apresentada a seguir (Figura 6). As ligações entre o T/G e o A/C são quebradas nesse local.



Figura 6 — Sítio de restrição da enzima utilizada.

Explique o que está representado na sequência (Figura 7). Cada dupla-fita de nucleotídeos faz parte de um dos cromossomos dos indivíduos. Eles devem utilizar a enzima de restrição MDA para separar o DNA dos envolvidos em fragmentos menores. Para isso, precisam localizar os sítios de restrição da enzima MDA no DNA de todos os indivíduos. O trabalho do grupo será muito facilitado se forem desenhados um retângulo ao redor da sequência localizada e um traço entre as bases nitrogenadas que serão separadas.

Os alunos costumam realizar essa tarefa com pouca precisão, pois querem descobrir logo quem é o pai da criança. Assim, para que percebam seus possíveis erros, em um primeiro momento, eles devem realizar a tarefa individualmente. Depois podem conferir com os colegas se localizaram os mesmos sítios. Com isso, eles discutem a correção dos sítios marcados. Por fim, você, professor, pode pergun-



tar quantos sítios (evidenciados em amarelo no Caderno do Aluno) foram localizados em cada molécula de DNA de cada uma das personagens: Capitu (4/4), Ezequiel (2/4), Bentinho (4/2) e Escobar (2/2).

Capitu	Ezequiel	Bentinho	Escobar
ctatgggctgggaatccatggccgacccaatggcaccggtttaaataatggccccctcccgaactcc gatacccgaacccttaggtaccggcgcgcttaccgtggcaaatattaccgggaggggctgaggg	tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt	caaccgtcagaccctgatggaccatggcaccctccatggccatggccatggggacggccccgtcg gtggcagctcgtggcatacctgggttaccgtggcaggtaccgggtaccgctgcccgggacagc	tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt
gcaatggcaccctgtttatggctggaatggccccctcccgaatggcaccctgacccccgttaaaccc cgttaccctggcacaatacccacctaaccctggggaggggttaccctggcagtggtggcacaattgg	gcaatggcaccctgtttatggctggaatggccccctcccgaatggcaccctgacccccgttaaaccc cgttaccctggcacaatacccacctaaccctggggaggggttaccctggcagtggtggcacaattgg	tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt	tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt
tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt	tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt	tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt	tcgacccctgatggaccggccctcccgcactccgctcctccgaatgggcccctgaaaccgagca agcgtgggcatacctgctcggggagggctgagggcagaggtaccgcccgggactttggctcgt

Figura 7 – Simulação de seqüências de DNA dos personagens.

Etapa 3 – Medindo fragmentos de DNA

Nesta etapa, você pode apresentar aos alunos um novo problema. Após a produção dos fragmentos de diversos tamanhos, precisamos comparar o DNA dos envolvidos. Para isso, utilizaremos uma técnica conhecida como eletroforese.

Nessa técnica, um tipo de gelatina (gel) é utilizado como suporte para separar fragmentos de DNA de acordo com seu tamanho. Para isso, é produzido um campo elétrico: as cargas elétricas são colocadas nas extremidades do gel e os fragmentos de DNA são posicionados próximos ao polo negativo.

Quando a corrente elétrica é acionada, os fragmentos migram para o polo positivo. Mas, antes, devem atravessar o gel. Essa camada é rica em fibras que dificultam a passagem do DNA. Os fragmentos menores apresentam maior facilidade em ultrapassar a barreira, chegando antes ao polo positivo.

Quando interrompemos a corrente elétrica, podemos observar um padrão de distribuição dos fragmentos de acordo com seu tamanho. Os fragmentos de mesmo tamanho ficam reunidos em manchas de DNA, chamadas de bandas, e a distribuição delas é conhecida como padrão de bandas de DNA e caracteriza o perfil de DNA de um indivíduo.

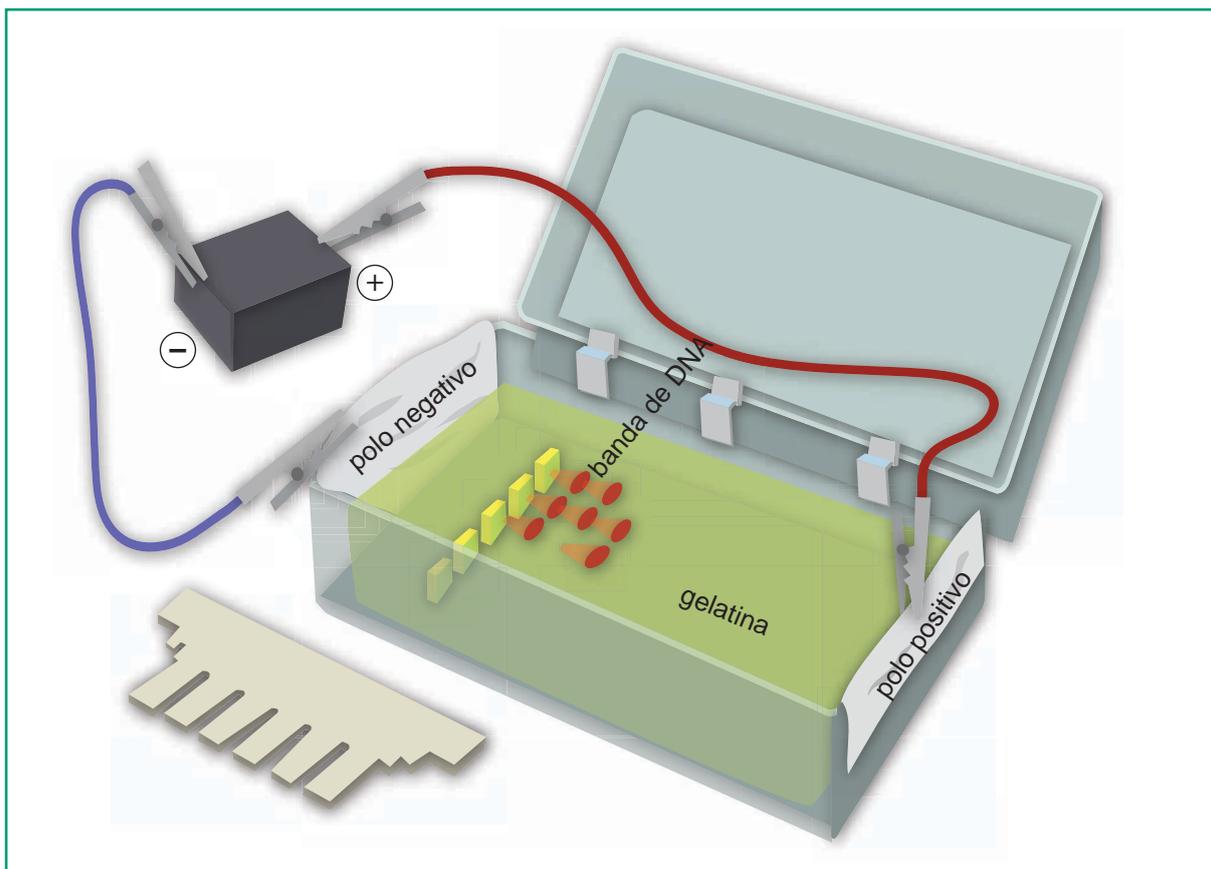


Figura 8 – Esquema simplificado da eletroforese.

Os alunos podem retornar às sequências de DNA dos envolvidos e descobrir o tamanho dos fragmentos formados para cada um dos personagens. Depois de contar quantos pares de base cada fragmento apresenta, eles receberão o quadro que simula o resultado de uma eletroforese. Inicialmente, e com a sua ajuda,

eles podem ler os resultados que seriam obtidos da criança: *Qual banda representa o maior fragmento? Por qual motivo?*

Em seguida, cada aluno pode preencher os resultados para os outros indivíduos, obtendo o padrão de bandas individual.





Escala em pares de bases (pb)	Envolvidos			
	Capitu	Ezequiel	Bentinho	Escobar
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
-				

Após obter o padrão de bandas de DNA de todos os envolvidos, estimule os alunos a refletir sobre o resultado esperado. Para ajudá-los, peça que retomem os conteúdos sobre meiose estudados no Caderno do Volume 2. Com base na retomada desses conteúdos, você pode revisar as etapas do teste de DNA e concluir com os alunos de que maneira um teste como o apresentado permite solucionar casos de paternidade duvidosa.

Agora, a leitura do padrão de bandas de todos os indivíduos deve solucionar o mistério. Para tanto, você pode iniciar pela comparação das bandas da mãe e do filho.

- Quais são as bandas presentes na mãe e no filho?

As bandas presentes nos dois são: 5, 10, 13, 14 e 23. Elas devem estar em um mesmo cromossomo, que foi passado da mãe para o filho. As outras bandas que sobraram no filho devem ser encontradas no verdadeiro pai.

- Quais bandas sobraram no padrão do filho sem correspondentes no padrão da mãe?

12, 19 e 34.

- Quem possui todas essas bandas sem correspondentes no padrão da mãe?

Bentinho.

- De acordo com a simulação feita, quem é o provável pai de Ezequiel?

Bentinho, pois todas as bandas encontradas devem formar um mesmo cromossomo enviado pelo pai para o filho.

Evidentemente, surgirão várias questões a respeito dos resultados. Por exemplo: o que significa a banda 19 que Escobar também possui? Esclareça que, nesse caso, Escobar apresenta um fragmento de mesmo tamanho por coincidência.

Essa simulação resolveria o dilema apresentado na obra de Machado de Assis, ainda que no livro não exista nenhuma pista sobre a questão. Outras aplicações desse tipo de teste podem ser apresentadas aos alunos ou pesquisadas por eles. Como exemplo, pode-se sugerir que verifiquem sua utilização em animais de zoológicos ou em reportagens sobre crimes.

Para finalizar, é proposto no Caderno do Aluno que os estudantes criem uma versão para *Dom Casmurro*, em forma de história em quadrinhos, considerando um teste de DNA para descobrir quem é o pai de Ezequiel. O produto também pode ser uma peça teatral contando parte da história e explicando a técnica do teste de DNA. Para isso, será necessário avaliar o tempo disponível e a disponibilidade de colegas de outras áreas para auxiliá-lo nesse trabalho.

Caso as condições não sejam favoráveis, você pode pedir aos alunos que elaborem uma redação na forma de carta para Machado de Assis, explicando ao autor como o teste seria feito se o romance estivesse ambientado nos dias de hoje.

Propostas de questões para avaliação

As questões a seguir estão na seção **Você Aprendeu?** desta Situação de Aprendizagem do Caderno do Aluno.

1. Cinco casais procuraram a polícia e afirmaram ser os verdadeiros pais de Gabriela. A garota teria sido roubada de uma maternidade em 1990. Ao assistir à entrevista da garota na TV, esses casais desconfiaram de que poderiam ser os pais verdadeiros. Todos se submeteram ao teste de identificação pelo DNA e os resultados estão apresentados a seguir. Quem são os verdadeiros pais de Gabriela? Assinale a alternativa correta

Gabi	a) Pai Mãe	b) Pai Mãe	c) Pai Mãe	d) Pai Mãe	e) Pai Mãe
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				



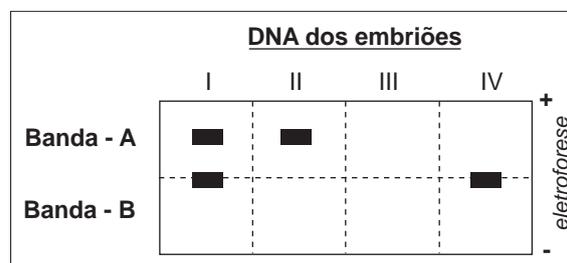
- c) todo sítio de restrição marca também o início da síntese de proteínas.
- d) indivíduos de uma mesma espécie possuem o mesmo número de sítios de restrição.
- e) irmãos sempre apresentam a mesma quantidade de sítios de restrição.
3. (Fuvest–1997) Enzimas de restrição são fundamentais à Engenharia Genética porque permitem:
- a) a passagem de DNA através da membrana celular.
- b) inibir a síntese de RNA a partir de DNA.
- c) inibir a síntese de DNA a partir de RNA.
- d) cortar DNA onde ocorrem sequências específicas de bases.**
- e) modificar sequências de bases do DNA.
4. Explique se as afirmações A e B, sobre o teste de DNA, são verdadeiras ou falsas:
- a) “O exame de DNA só pode ser feito com sangue.”

Falso, pois o exame é possível com DNA de qualquer célula que o contenha.

- b) “O resultado mostrou que nós possuímos algumas bandas do mesmo tamanho; logo, está provado que ele é o meu pai.”

Falso, pois ele deveria possuir todas as minhas bandas que não são semelhantes às da minha mãe.

5. Com as técnicas estudadas, podemos verificar a presença ou não de certas regiões de interesse na fita de DNA. Chamamos essas regiões de marcadores, já que podemos associá-las a alguma característica em particular. A presença de um marcador no genoma de um indivíduo pode ser visualizada como uma banda de DNA em um gel de eletroforese. Dessa forma, podemos descobrir se um embrião poderá apresentar uma determinada característica ou doença genética pela análise de seus marcadores. O esquema abaixo representa a análise de marcadores de DNA de quatro embriões humanos (I, II, III e IV). Apenas a presença de duas bandas (A e B) é indicação positiva para o indivíduo apresentar certa doença quando adulto.



Observe o padrão de bandas do DNA de cada embrião e responda:

- a) Dentre os embriões analisados, quais **NÃO** deverão apresentar a doença quando adultos?

II, III e IV.



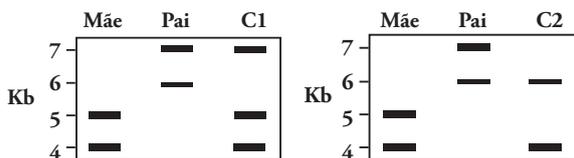
- b) Supondo que os quatro embriões sejam irmãos, qual é o padrão de bandas (I, II, III e IV) mais provável PARA CADA UM de seus pais?

II e IV, pois existem filhos que não receberam nenhuma banda e aqueles que receberam as duas bandas, uma do pai e outra da mãe.

- c) Qual banda é formada por fragmentos de DNA de MENOR tamanho? Justifique.

Banda A, pois percorreu uma distância maior.

6. A síndrome de Down é ocasionada por uma trissomia do cromossomo 21. Em uma situação hipotética, um casal teve uma criança com a síndrome (C 1) e, em uma segunda gravidez, resolveu submeter-se a um teste de DNA para verificar se a segunda criança (C 2) também teria a síndrome. O teste de DNA analisa marcadores para os diferentes cromossomos presentes nas células das pessoas e foi feito a partir do DNA extraído de células sanguíneas dos pais e da criança 1 e de uma punção do líquido amniótico, amniocentese, para a criança 2.



Com base na análise dos resultados expressos na ilustração, responda:

- a) Qual a origem do cromossomo extra da criança?

O cromossomo extra é de origem materna, pois a criança apresenta dois cromossomos de origem materna e um de origem paterna.

- b) A segunda criança apresenta ou não a síndrome? Justifique.

A criança 2 (C 2) apresenta dois cromossomos 21, um de origem paterna e outro de origem materna, com isso pode-se concluir que ela não apresenta a síndrome.

- c) Faça uma pesquisa e descubra qual a principal razão para que se forme um embrião com trissomia do cromossomo 21.

A principal causa das trissomias é a não disjunção cromossômica durante a meiose na formação dos gametas ou a não disjunção cromossômica durante as primeiras mitoses do embrião. Em cerca de 85% dos casos de não disjunção cromossômica, o problema ocorre durante a gametogênese feminina, devido, principalmente, à idade materna.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 COMO PRODUZIR UM TRANSGÊNICO?

Diferentes estratégias serão apresentadas nesta Situação de Aprendizagem para discutir um texto introdutório sobre transgênicos e organismos geneticamente modificados.

Inicialmente, a interpretação de uma imagem servirá para a formulação de hipóteses de leitura, seguida pela leitura de um trecho do texto orientada por algumas questões. Os alu-

nos vão elaborar argumentos sobre a posição das autoras em relação ao tema.

Outro texto será discutido com os estudantes e uma crítica a ele será analisada. Com isso, esperamos que os alunos sejam capazes de perceber opiniões sobre o tema em diferentes tipos de textos.

Tempo previsto: 9 aulas.

Conteúdos e temas: tecnologias de manipulação do DNA – riscos e benefícios.

Competências e habilidades: ler e interpretar textos e imagens relacionados a organismos transgênicos; relacionar informações apresentadas de diferentes formas para construir argumentação consistente; construir mapas conceituais sobre transgênicos; inferir opiniões dos autores em diferentes tipos de textos; antecipar conteúdos e localizar informações em um texto.

Estratégias: análise de textos e imagens; discussões em duplas e coletivas; construção de mapas conceituais.

Recursos: Caderno do Aluno.

Avaliação: respostas às questões propostas durante a atividade; participação, cooperação e interesse no desenvolvimento das atividades propostas; mapa conceitual.



Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem

Etapa 1 – Sondagem inicial e sensibilização

A imagem a seguir, ou outra que você puder disponibilizar, pode ser explorada para sensibilizar os alunos e criar hipóteses de leitura.

© Alexandre Camanho

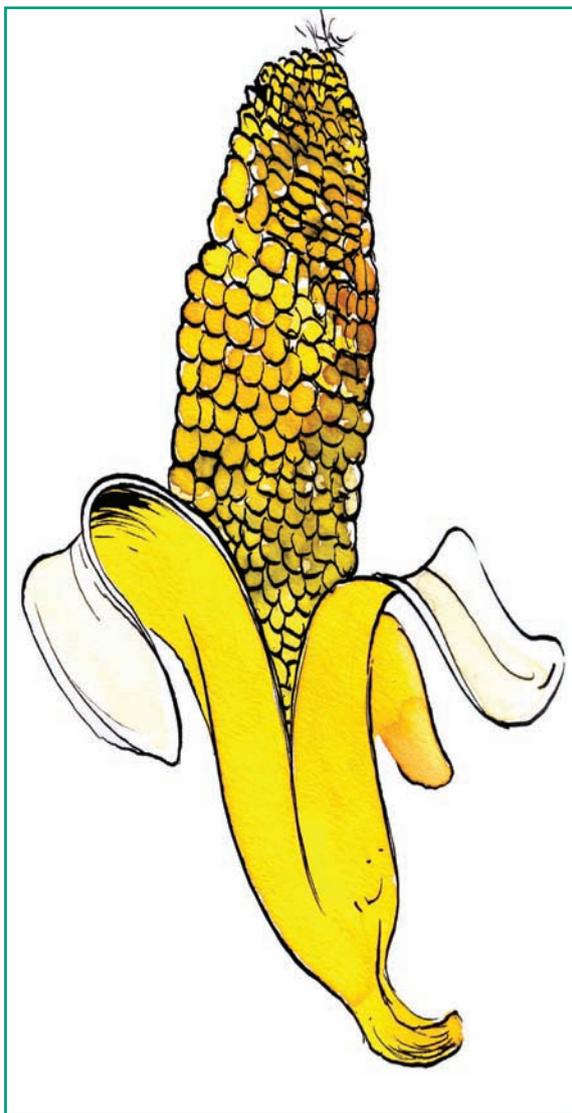


Figura 10.

Ao apresentar a imagem, questões como as apresentadas a seguir devem orientar os alunos na descrição de seus elementos: *Quais são os organismos representados nessa imagem? Os organismos estão representados do modo como os conhecemos?*

Após a discussão das questões, os alunos devem redigir um parágrafo que descreva a imagem. A seguir, apresente o título do texto *Troca-troca genético* e solicite que tentem relacioná-lo à imagem.

Nessa discussão coletiva, muitas possibilidades de relação serão apresentadas. A argumentação dos alunos deve ater-se ao significado das palavras e aos elementos percebidos na imagem.

Etapa 2 – Leitura de texto e produção de mapa de conceitos

A leitura de um fragmento do texto será a base para a construção de um mapa de conceitos. No entanto, a motivação inicial para essa leitura será o teste de hipóteses elaboradas na etapa anterior.



Texto 1 – Troca-troca genético

Já viu porco com patas e focinho coloridos? E cabra que dá leite capaz de acelerar a cicatrização de ferimentos? Ao contrário do que você possa estar pensando, não estamos falando de criaturas de filmes de ficção. Esses animais são resultado de experimentos científicos de verdade! Se você tiver curiosidade, podemos conversar sobre como essas e outras modificações nos seres vivos são possíveis e por que os cientistas fazem isso. Que tal?

A cabra e o porco citados na abertura deste texto são apenas exemplos curiosos de seres vivos que receberam características de outras espécies. O porco ganhou a coloração de um tipo de alga-marinha. Já na cabra foi introduzida uma característica do sangue responsável pela coagulação, isto é, por evitar hemorragias em cirurgias ou quando você se corta. Como assim? Bem, todos os animais e plantas têm dentro de suas células um conjunto de códigos que os fazem ser do jeito que são. Nos seres humanos, por exemplo, esse conjunto de códigos é responsável por termos dois braços, duas pernas, dois olhos, duas orelhas, um nariz, uma boca, um coração, dois rins... Enfim, por tudo que nos faz ter aparência humana por dentro e por fora. No caso de uma galinha, seu conjunto de códigos é responsável pelas características físicas que ela apresenta. E, assim, cada ser vivo tem o seu próprio conjunto de códigos, que se chama DNA. Guardou isso? Então, vamos adiante porque a conversa só está esquentando!

Você, agora, precisa saber que cada código que forma esse conjunto recebe o nome de gene e que cada gene tem a sua função. De novo, vamos pensar em nós, humanos: temos genes responsáveis pelo formato das nossas orelhas; pela cor dos nossos olhos; pela produção de substâncias que nos permitem digerir os alimentos... Enfim, como temos muitas características, nosso DNA é formado por milhares de genes.

Pense bem: se cada espécie de animal e de planta tem características próprias determinadas pelo conjunto de seus genes – isto é, pelo seu DNA –, o que acontece se os cientistas transferirem genes de uma espécie para outra?

A espécie que receber os genes irá desenvolver uma ou mais características que não era sua naturalmente, certo? Pois foi exatamente isso que aconteceu com a cabra ao receber o gene do homem responsável pelo desenvolvimento do fator de coagulação humano no seu leite. E também com o porco, que recebeu da alga-marinha o gene responsável pela sua cor.

Quando um ser vivo recebe um gene de uma outra espécie de animal ou vegetal, ele é chamado transgênico. Mas os cientistas podem, também, transferir genes entre seres da mesma espécie; esses são chamados organismos geneticamente modificados.

ODA, Leila Macedo; CARNEIRO, Júlia Dias. *Troca-troca genético*. Revista Ciência Hoje das Crianças, mar. 2002. Disponível em: <<http://fich.unito.com.br/view/2152>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

Para iniciar a discussão, você pode retomar as hipóteses de leitura. Com as informações lidas nesse trecho, é possível compreender a relação entre a imagem e o título do texto.

Após uma discussão coletiva, os alunos podem responder à questão proposta no Caderno do Aluno.



Em seguida, eles podem ser convidados a construir um mapa com os seguintes conceitos: seres vivos; células; DNA; gene; característica; transgênicos; e organismos geneticamente modificados (OGM). Para a construção desse mapa, cada dupla de alunos pode utilizar o trecho lido. Após a elaboração do mapa de

conceitos, as duplas podem trocar seus mapas e corrigir as relações estabelecidas pelos colegas. Algumas relações importantes serão apresentadas a seguir. Não se trata de um gabarito, pois os mapas conceituais podem estar corretos, mesmo que não apresentem uma estrutura comum.

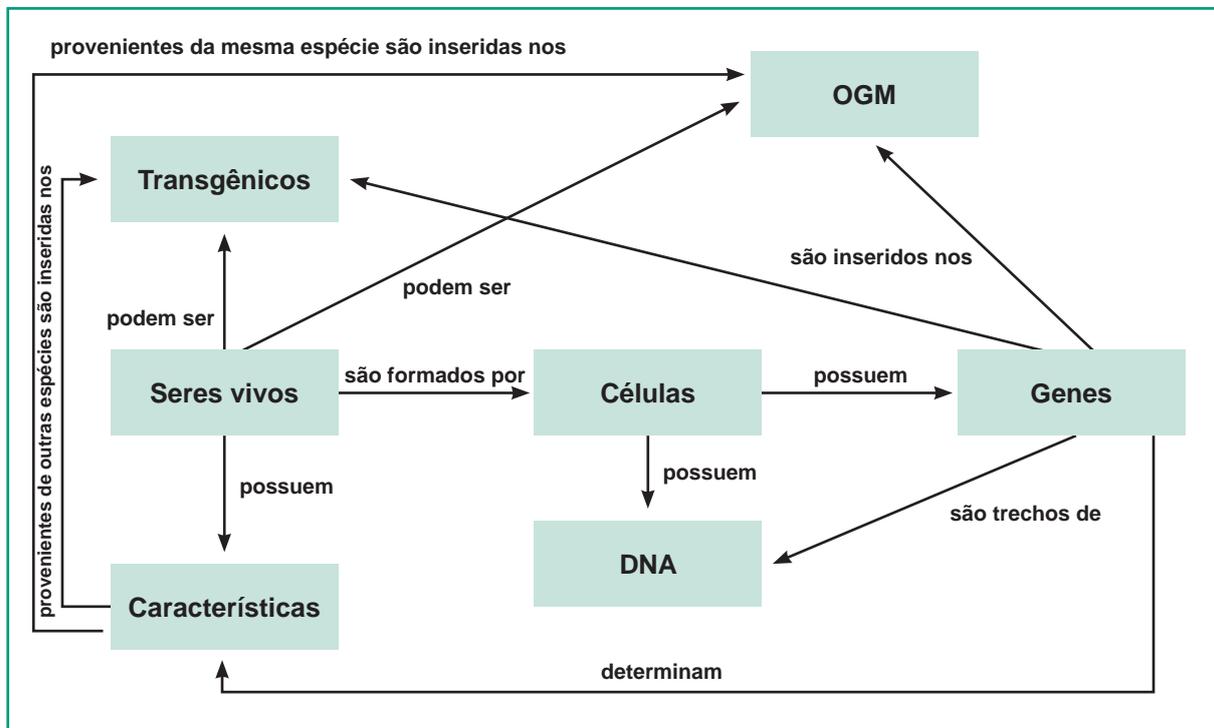


Figura 11 – Possível mapa de conceitos sobre o trecho do texto *Troca-troca genético*.

Etapa 3 – Usos dos transgênicos

Quais podem ser os benefícios do uso de transgênicos? Esta questão vai nortear a lei-

tura do trecho a seguir. Peça aos alunos que elaborem, com base no título do texto a ser lido, uma lista de possíveis usos para os transgênicos.

Texto 2 – Para que trocar genes?

Ao transferir genes de uma espécie para outra, os cientistas não estão pensando apenas em produzir porcos coloridos ou cabras com genes humanos. Experimentos como esses são válidos para testar se a troca genética é realmente possível. Se for, plantas podem receber genes de vírus, por exemplo. Este é



o caso da alface transgênica, desenvolvida recentemente. Ela recebeu o gene que produz o antígeno do vírus da hepatite B e que pode virar uma vacina! Você comeria uma alface dessas? Pense duas vezes antes de dizer que não, porque o antígeno é a parte do vírus usada nas vacinas. Quando ele entra em nosso corpo, estimula o organismo a se defender da doença causada pelo vírus. Logo, a alface transgênica funciona como uma vacina para a hepatite B. Então, você prefere alface ou injeção?

Gostou da vacina de alface? Melhor é a bebida láctea transgênica! Você sabe do que se trata: são aquelas pequenas garrafinhas que contêm leite fermentado com lactobacilos, bactérias que ajudam a proteger o intestino. Em breve, teremos lactobacilos transgênicos, com os antígenos de seis vírus diferentes. A vacina de leite fermentado vai combater doenças como a difteria, a coqueluche, o tétano, a caxumba, a rubéola e o sarampo, dentre outras. No futuro, é provável que as vacinas sejam todas assim. Como é bom sonhar com o adeus às agulhadas...

Podemos, ainda, citar as chances de os organismos transgênicos se tornarem substitutos a remédios, vitaminas e outras substâncias que nossos organismos necessitem. Veja: em 1985, começou a ser vendido o primeiro produto proveniente de um transgênico – a insulina, substância que controla a quantidade de açúcar no sangue. O gene humano responsável pela produção de insulina foi retirado de uma célula do pâncreas de uma pessoa saudável e transferido para uma bactéria, que começou a produzir a substância. Hoje, a insulina transgênica ajuda a salvar vidas de pessoas que têm diabetes, uma doença causada pela falha do corpo na produção dessa substância.

Quer saber um pouco mais sobre a cabra que pode ser usada para melhorar a saúde das pessoas? Pois, anote: a cabra transgênica (a vaca também pode ser usada), que recebe o gene humano responsável pela coagulação do sangue, produz no próprio leite a substância que possibilita a cicatrização de cortes e machucados nas pessoas. Essa substância é muito importante para tratar os hemofílicos, que não a produzem em quantidades suficientes e podem ter grandes hemorragias a partir do mais simples sangramento.

ODA, Leila Macedo; CARNEIRO, Júlia Dias. *Troca-troca genético*. Revista Ciência Hoje das Crianças, mar. 2002. Disponível em: <<http://ich.unito.com.br/materia/view/2153>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

Os dois primeiros parágrafos desse trecho apresentam os transgênicos como fábricas de vacinas. Além de produzir a vacina, o transgênico poderia ser consumido como alimento, facilitando a ingestão da vacina. Já os dois parágrafos finais do trecho apresentam os transgênicos como produtores de remédios.

Os alunos podem apenas listar os diferentes exemplos apresentados no texto. Mas seria importante que inserissem os exemplos em

categorias maiores como as apresentadas no parágrafo anterior. Uma pergunta que é proposta no Caderno do Aluno e que pode facilitar essa diferenciação é: *O que esses exemplos apresentam em comum?*

A imagem a seguir (Figura 12) é um esquema que busca explicar como se produz insulina. Nela não existe nenhum posicionamento explícito em relação à tecnologia dos transgênicos.



Cada dupla de alunos pode elaborar um parágrafo descrevendo os eventos apresentados no esquema. Eles devem observar que existe uma sequência temporal entre esses eventos. Além disso, os estudantes podem identificar a seta que representa o processo de síntese de proteínas já estudado no Caderno do Volume 3. Alguns elementos da Situação de Aprendizagem 1 podem ser resgatados na imagem:

1. Como são produzidos os fragmentos de DNA de interesse?
2. Por que motivo um fragmento de interesse pode se ligar ao DNA da bactéria?
3. Como podemos aumentar o número de cópias desse DNA recombinante?

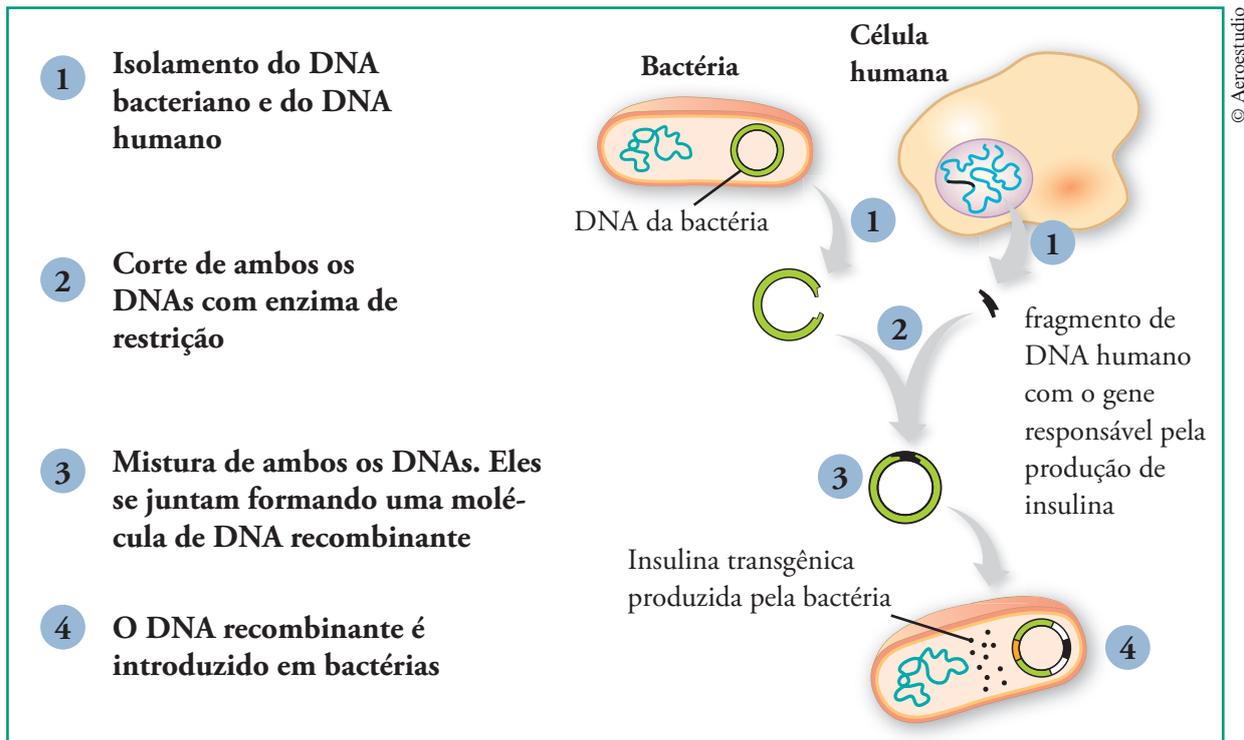


Figura 12 – Esquema da produção de insulina.

Etapa 4 – Consolidando os conceitos

Quais podem ser os benefícios dos organismos geneticamente modificados? Essa questão norteará a leitura do texto a seguir. Você pode pedir aos alunos que elaborem, novamente, com base no texto a ser lido, uma lista de possíveis usos para os organismos geneticamente modificados.

Além disso, eles devem avaliar a pertinência do uso do termo “código genético” nesse trecho, escolhendo por qual conceito ele deveria ser substituído. Tendo objetivos de leitura, os alunos aumentam a eficiência da atividade.



Texto 3 – Troca entre iguais

Agora, vamos falar da troca de genes entre seres da mesma espécie: os organismos geneticamente modificados! Alguém poderia perguntar: para que trocar genes entre seres iguais? Que diferença isso pode fazer? É hora de dizer que, embora organismos da mesma espécie tenham DNA exageradamente semelhantes, existem mínimas diferenças que fazem cada ser ter o seu próprio código genético. Por isso, mesmo tendo dois braços, duas pernas, um nariz etc. etc. etc. como o seu vizinho, você é diferente dele! Com os bichos e as plantas também é assim: mesmo tendo um DNA que os caracteriza como sendo de determinada espécie, cada ser tem um código genético só seu.

O uso de plantas geneticamente modificadas também pode aumentar a produção agrícola, o que traz vantagens para o meio ambiente. Quando as lavouras produzem mais vegetais de melhor qualidade, diminui a necessidade de desmatar novas áreas para plantações. Além disso, as plantas podem ser modificadas para que consumam menos água durante o crescimento. Assim o planeta economiza, pois cerca de dois terços de toda a água doce do mundo é consumida na agricultura.

A transferência de genes entre iguais também pode melhorar a qualidade dos alimentos, tornando-os mais nutritivos. É o caso, por exemplo, de um arroz transgênico chamado “golden rice” (ou “arroz dourado”, em português). Ele é mais rico em vitamina A e ferro do que o arroz comum. A carência dessas substâncias no organismo pode causar problemas sérios, como cegueira e anemia. Olha que os animais também podem ser modificados para melhorar sob o ponto de vista alimentar. Cuba, por exemplo, criou uma tilápia transgênica e o Canadá, o salmão transgênico. Esses peixes tiveram alterado o gene responsável pelo crescimento e, por isso, crescem mais e concentram maior quantidade de proteínas.

Apesar das vantagens, muitas pessoas temem as consequências do consumo de produtos transgênicos ou geneticamente modificados. Afinal de contas, esses experimentos são muito recentes. Os próprios cientistas trabalham com cautela, avaliando, a cada nova descoberta, se ela não oferece riscos ao homem e à natureza. E é normal que muitas pessoas tenham receio das novas tecnologias; as maiores descobertas científicas da História também encontraram resistência na sua época. Mas, quem sabe? Talvez esse troca-troca genético não pareça nada estranho daqui a um tempo.

ODA, Leila Macedo; CARNEIRO, Júlia Dias. *Troca-troca genético*. Revista Ciência Hoje das Crianças, mar. 2002. Disponível em: <<http://ich.unito.com.br/materia/view/2154>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

O termo “código genético” aparece no primeiro parágrafo para dizer que cada indivíduo possui uma composição de alelos única para os mesmos genes da espécie.

Discuta com os alunos sobre o uso inadequado do termo “código genético”, talvez substituível por “genoma”. A seguir, os alunos podem elaborar coletivamente uma lista

de possíveis benefícios que os produtos transgênicos podem trazer.

Comparar as observações atuais e anteriores da turma sobre transgênicos permite avaliar os avanços do grupo.

A discussão final sobre o texto necessita recuperar as diferentes etapas da leitura. Para



isso, lembrar as diferentes atividades feitas com o texto pode facilitar a lembrança dos diferentes trechos lidos. Além disso, a discussão deve servir para a turma responder às seguintes questões:

1. Qual é a principal ideia do texto?
2. Quais são os exemplos que as autoras utilizam para elaborar essa ideia?
3. Do que você mais gostou no texto?
4. As autoras se posicionam em relação aos transgênicos ou são imparciais?

Respostas pessoais para as perguntas 1 a 3.

Mesmo apresentando um parágrafo com possíveis ponderações sobre essa tecnologia, o texto é extremamente favorável aos transgênicos.

5. Qual o conceito de organismos transgênicos apresentados no texto *Troca-troca genético*?
De acordo com o texto Troca-troca genético, o ser que recebeu o gene da proteína viral seria um organismo transgênico.

6. Qual a opinião das autoras sobre o receio das pessoas em relação aos transgênicos?
Elas acham normal que as pessoas tenham receio, mas acreditam que com o tempo a população vai aceitar sem contestação.

Identificar a posição dos autores é um objetivo muito relevante quando tratamos de assuntos sociocientíficos como esse. Para essa tarefa, os alunos poderão se reunir em duplas e estruturar suas próprias posições escolhendo diferentes argumentos e registrar por escrito sua opinião.

Etapa 5 – Criação de um título para o texto

Ao apresentar o próximo texto, explique aos alunos que o título original foi retirado do Caderno do Aluno para que eles criem um outro após a leitura.

Para isso, precisam pensar que é um artigo veiculado em um jornal de grande circulação no Estado de São Paulo. Trata-se de uma coluna de um pesquisador científico, Fernando Reinach, em que ideias científicas são difundidas para o grande público.

Texto 4 – Injetaram proteína transgênica no meu filho! (título original)

Fernando Reinach

Ocorreu em um dos melhores hospitais de São Paulo. Fazia menos de 24 horas que ele havia nascido quando me apresentaram um papel para assinar autorizando o procedimento. Consultei o médico que me assegurou que era o recomendado. Fazer o quê? Autorizei. A injeção foi indolor e logo depois me entregaram a carteira de vacinação. Fiquei feliz, meu filho havia sido vacinado contra o vírus da hepatite B.



Se você acha que isso é uma grande novidade, ainda em fase experimental, está enganado. Neste ano, o Ministério da Saúde adquiriu milhões de doses dessa vacina e agora ela faz parte do programa de imunização do governo brasileiro. Nos próximos anos, praticamente todas as crianças recém-nascidas serão imunizadas com esta vacina “recombinante”, um nome mais “delicado” e que sofre menos discriminação que “transgênica”, apesar de significar exatamente a mesma coisa.

O termo significa que o produto injetado foi produzido por um organismo geneticamente modificado (OGM), assim como o óleo de soja que consumimos, o algodão de muitas das roupas que vestimos ou a insulina que a maioria dos diabéticos recebe todos os dias.

Ao contrário da hepatite A, que geralmente não deixa sequelas, uma infecção pelo vírus da hepatite B é muito mais séria. Ela pode deixar sequelas crônicas no fígado e uma parte dos pacientes pode desenvolver câncer. Como é difícil produzir grandes quantidades desse vírus, o desenvolvimento de uma vacina eficaz e segura só foi possível devido aos avanços da biotecnologia.

A partir do sequenciamento do genoma do vírus, foi identificado o gene que codifica a proteína capaz de tornar as pessoas imunes ao próprio vírus.

Esse gene foi retirado do vírus e transferido para um fungo (semelhante àquele que utilizamos para fazer cerveja). O fungo modificado, por ter em seu genoma um gene originário do vírus, é denominado transgênico. Ele se torna capaz de produzir grandes quantidades da proteína viral. O fungo é cultivado, a proteína purificada e utilizada na produção da vacina.

Se neste ano estamos comemorando nossa autossuficiência em petróleo, nos últimos anos deveríamos ter comemorado nossa autossuficiência na produção dessa vacina.

A vacina recombinante contra o vírus da hepatite B foi desenvolvida no Instituto Butantã com a ajuda de um cientista que emigrou da ex-União Soviética, na década de 1990. A adoção em larga escala dessa vacina nos programas de vacinação do governo vai permitir diminuir a incidência da doença e, de quebra, diminuir o número de casos de câncer de fígado. Espero que ela também ajude a diminuir a desinformação que ronda os transgênicos e os OGMs, afinal é um produto comercial, desenvolvido, aprovado e distribuído pelo governo brasileiro.

Quando recebi meu filho na saída da maternidade tive a curiosidade de verificar se tinham pendurado nele um “rótulo” com a advertência “pode conter transgênicos”, como exigido pelo governo brasileiro para qualquer produto contendo derivados da soja transgênica. Não encontrei. Tampouco vejo a frase “contém transgênico” tatuada nos diabéticos que devem sua sobrevivência exatamente ao fato de receber, todos os dias, uma dose de insulina transgênica.

O Estado de S. Paulo, Vida &, 26 abr. 2006.

No caso de os alunos sugerirem títulos que não expressam as ideias principais do texto, apresente as questões 5, 6 e 7 do Caderno do Aluno para orientá-los na discussão sobre o

título: *Qual é a principal ideia do texto? Quais são os exemplos que o autor utiliza para elaborar essa ideia? Do que você mais gostou no texto?*



Normalmente, os alunos costumam sugerir títulos corretos, mas pouco atrativos. Apesar de se tratar de uma coluna de divulgação científica, ressalte que o autor ainda deve atrair a atenção dos leitores e o título é um bom recurso para isso.

Por fim, após ouvir todos os títulos propostos, você pode apresentar o título original utilizado pelo autor, e os alunos podem emitir suas opiniões sobre a escolha do autor, buscando avaliar se ele traduz o conteúdo do texto e, ainda assim, é convidativo.

Etapa 6 – Análise e crítica do texto

Em duplas, os alunos podem responder às questões a seguir sobre o texto *Injetaram proteína transgênica no meu filho!*:

1. Qual parece ser a posição do autor em relação ao uso dos transgênicos?

O autor é favorável ao uso de transgênicos, pois apresenta, ao longo do texto, vários benefícios gerados por essa tecnologia.

2. O conceito de organismo geneticamente modificado apresentado no terceiro parágrafo do texto é semelhante ao apresentado no texto anterior (*Troca-troca genético*)?

De acordo com o texto Troca-troca genético, o ser que recebeu o gene da proteína viral seria um organismo transgênico. Fernando Reinach o chamou de “organismo geneticamente modificado”.

3. O que significa “autossuficiência” de vacinas?

O Brasil produz toda a vacina que consome, não precisando importar esse material de nenhum outro país.

4. Qual é a posição do autor em relação à legislação brasileira de identificação dos produtos que contêm transgênicos?

Ele parece ser contrário, pois é irônico no último parágrafo do texto.

O último parágrafo contém uma ironia sofisticada sobre a legislação brasileira. O autor do texto critica tal legislação, mas essa crítica pode passar despercebida por parte dos alunos. Para isso, ao corrigir a questão 4, discuta o recurso linguístico da ironia como um modo de expressar opiniões sobre um tema.

Com base na análise do conteúdo, os alunos deverão elaborar um texto argumentativo sobre o que acabaram de discutir. Para isso, seria interessante conhecer outra análise desse mesmo texto, elaborada por Marcelo Leite.

Marcelo Leite é um jornalista que trata de assuntos ligados à Ciência e à Tecnologia. Ele tem um *blog* que, além de apresentar alguns de seus textos, contribui para a ampliação de muitas discussões. (Disponível em: <<http://cienciaemdia.folha.blog.uol.com.br>>. Acesso em: 23 jul. 2009.)

O jornalista comentou, em seu *blog*, o texto de Fernando Reinach. Para Marcelo Leite,



o cientista usou apenas exemplos em que produtos extraídos de organismos transgênicos são isolados antes de serem utilizados. Por exemplo: quando a criança citada no título do texto recebe a vacina contra hepatite, nada proveniente da bactéria transgênica é consumido, apenas a vacina purificada.

Isso, segundo o jornalista, é bem diferente de um produto como biscoitos ou bolachas feitos com farinha de soja. Para a produção da farinha, a semente de soja transgênica inteira é triturada e consumida. Todas as proteínas da semente, bem como todo o DNA de cada célula, serão consumidos também.

Apesar da visão crítica do autor, sua posição em relação aos alimentos transgênicos não fica evidente. A crítica se dá ao uso de um exemplo que diminui o problema dos alimentos transgênicos, afinal, não se trata da mesma questão comer o DNA transgênico ou apenas ingerir um produto produzido com base nesse material. Para Marcelo Leite, o uso da vacina seria comparado ao uso do óleo de soja, mas não ao alimento contendo a semente da soja, como o salgadinho.

Neste momento, você pode iniciar com os alunos a elaboração de um texto analisando o artigo de Fernando Reinach. No primeiro parágrafo, os alunos devem apresentar o artigo que será analisado. No segundo, eles podem destacar seus aspectos positivos. No terceiro, seus aspectos negativos. Ao longo do texto, devem estar bem explícitos o que é fato, o que é opinião do cientista e o que é opinião do aluno.

Proposta de questões para avaliação

As questões a seguir estão na seção **Você Aprendeu?** desta Situação de Aprendizagem do Caderno do Aluno.

1. Pesquisadores inseriram dois genes bacterianos na *Arabidopsis thaliana*, uma espécie de agrião, e criaram uma planta que não tolera solos contaminados. Nesse caso, é correto afirmar que:
 - a) aconteceu um melhoramento genético e, além da qualidade desejada, outras qualidades foram transferidas porque, invariavelmente, a planta resultante é melhor.
 - b) a planta recebeu naturalmente os genes, pois o próprio ar ou os insetos realizam a troca do pólen contido nas flores das plantas.
 - c) uma transformação genética foi feita e apenas os genes de interesse foram transferidos, resultando em uma bactéria transgênica.
 - d) os pesquisadores construíram uma bactéria e uma planta transgênicas com os dois genes de interesse.
 - e) uma transformação genética foi feita e apenas os genes de interesse foram transferidos, resultando em uma planta transgênica.



2. Com relação aos organismos transgênicos, é correto afirmar que:
- a) são seres cuja informação genética provém de outra espécie.
 - b) são seres dos quais parte da informação genética provém de outra espécie.**
 - c) são seres que apresentam substâncias mais saudáveis e devem ser consumidos por toda a população.
 - d) devem ser evitados uma vez que, por apresentarem composição química modificada, não são produtos saudáveis.
 - e) são seres que durante o processo de alimentação incorporam material genético das espécies ingeridas.
3. (Enem–2005) Os transgênicos vêm ocupando parte da imprensa com opiniões ora favoráveis ora desfavoráveis. Um organismo, ao receber material genético de outra espécie, ou modificado da mesma espécie, passa a apresentar novas características. Assim, por exemplo, já temos bactérias fabricando hormônios humanos, algodão colorido e cabras que produzem fatores de coagulação sanguínea humana. O belga René Magritte (1896-1967), um dos pintores surrealistas mais importantes, deixou obras enigmáticas. Caso você fosse escolher uma ilustração para um artigo sobre os transgênicos, qual das obras de Magritte, a seguir, estaria mais de acordo com esse tema tão polêmico?

a)



© Magritte, René, "Decalcomania", 1966, Photothèque R. Magritte, licenciado por AUTVVIS, Brasil, 2009

b)



© Magritte, René, "Invenção colectiva", 1934, Photothèque R. Magritte, licenciado por AUTVVIS, Brasil, 2009

c)



© Magritte, René, "O sedutor", 1953, Photothèque R. Magritte, licenciado por AUTVVIS, Brasil, 2009

d)



© Magritte, René, "A traição das imagens", 1928-29, Photothèque R. Magritte, licenciado por AUTVVIS, Brasil, 2009

e)



© Magritte, René, "Perspicácia", 1936, Photothèque R. Magritte, licenciado por AUTVVIS, Brasil, 2009



4. Analise a charge a seguir:

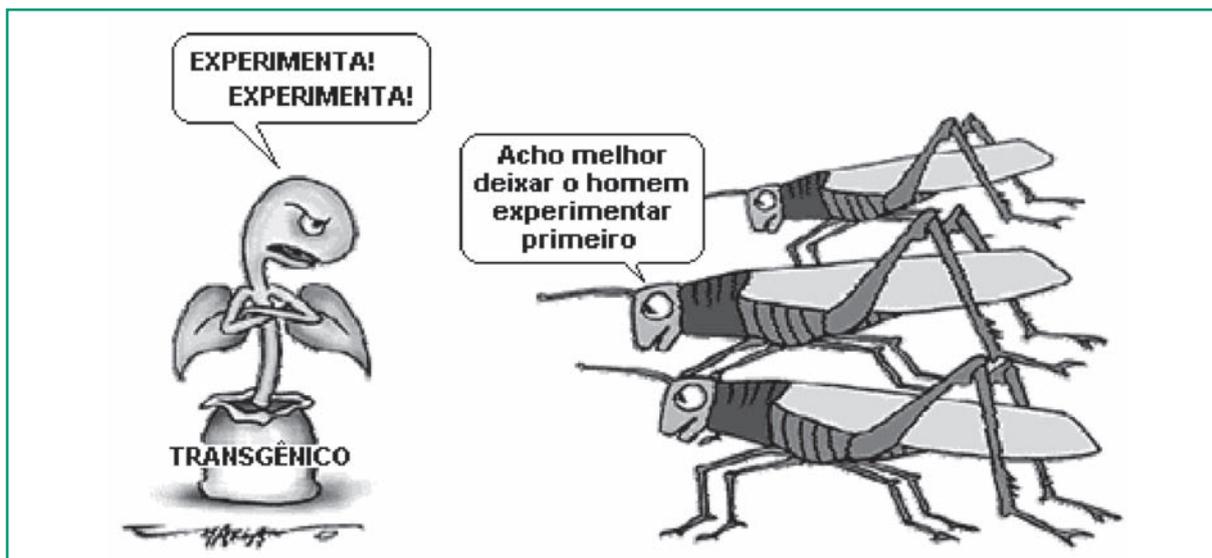


Figura 13.

Qual deve ser a opinião do autor da charge sobre a liberação das plantações de soja transgênica? Elabore um texto justificando sua resposta com base nos elementos presentes na imagem.

A resposta é pessoal, mas o critério para a correção é a argumentação baseada em elementos da própria imagem. Provavelmente, o autor defende a ideia de que a soja não pode ser plantada no ambiente antes de testes de segurança. Caso a liberação aconteça antes dos testes, talvez a fauna seja prejudicada. Podemos supor isso pelos elementos diretos do texto e pela expressão dos animais e da planta, já que parecem estar “bravos” uns com os outros.

5. A soja transgênica resistente a uma marca de herbicida foi produzida pela Embrapa e está passando por testes de segurança

alimentar e ambiental. Esse processo dura cerca de três anos e consiste na produção de 200 plantas resistentes ao herbicida. A partir desse lote, os pesquisadores escolhem as dez plantas com maior capacidade de gerar descendentes também resistentes. Esses filhotes do lote inicial são expostos a doses desse herbicida três vezes maior que as aplicadas convencionalmente. Por fim, as melhores são separadas e apenas uma delas é levada a testes de segurança. Não existe a possibilidade de cruzamento dessas plantas com outras e o risco de polinização cruzada com outro tipo de soja é de apenas 1%. Por isso, os riscos ambientais causados pela soja transgênica são pequenos.

Com base no texto, por que a soja transgênica apresenta baixo risco ambiental?

Porque a capacidade da linhagem de cruzar com espécies selvagens é praticamente inexistente.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 DEBATE SOBRE TRANSGÊNICOS

Nesta Situação de Aprendizagem, os alunos são convidados pelo prefeito de uma cidade fictícia a se posicionar sobre a questão dos transgênicos, sua produção e seu consumo. Para isso, eles representarão setores da sociedade e, desse ponto de vista, deverão realizar

pesquisas e elaborar argumentos. Em grupos com representantes de diferentes setores da sociedade, os alunos deverão elaborar uma carta de consenso com a resposta à convocação do prefeito.

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdos e temas: impactos e vantagens da utilização dos organismos transgênicos.

Competências e habilidades: pesquisar informações sobre biotecnologia; elaborar, analisar e criticar argumentos sobre questões sociocientíficas.

Estratégias: discussão em grupos; elaboração de textos dissertativos.

Recursos: textos presentes no Caderno do Aluno.

Avaliação: a participação dos alunos nos diferentes grupos de discussão e a carta elaborada pelos grupos.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem

Etapa 1 – Apresentando o problema

Esta Situação de Aprendizagem exige que o aluno realize diversas pesquisas sobre o tema. Além disso, muitos conteúdos trabalhados ao longo do Caderno devem apoiá-lo na pesquisa. Assim, a apresentação da Situação de Aprendizagem 3 poderia acontecer na primeira aula do Volume 4, para ser en-

tão retomada nas últimas aulas, quando os alunos apresentarão os resultados de suas pesquisas. Com isso, espera-se que eles aproveitem melhor as aulas intermediárias em virtude do desafio a ser cumprido ao longo do período.

Professor, você pode apresentar o problema aos alunos lendo uma carta enviada pelo prefeito de Ecolí, uma cidade fictícia localizada no interior do Estado de São Paulo.



Texto 1

Caros cidadãos de Ecoli,

Gostaria de solicitar a participação de todos em um debate muito importante para a nossa cidade. A Transbio, que é uma empresa de biotecnologia, acaba de inaugurar suas novas instalações em Ecoli. Ela utiliza organismos transgênicos para a produção de diversos materiais.

Nessa nova unidade, a empresa atua na área alimentícia, produzindo óleo de soja transgênica e arroz com vitamina B; na área da saúde, insulina humana transgênica e, na área agropecuária, agrotóxico e soja transgênica resistente a esse agrotóxico. Além de plantar esses organismos na região, ela quer vender tais produtos para nossa população.

Gostaria de contar com a ajuda de vocês, representantes de diversos setores de nossa sociedade, para elaborar uma carta manifestando seu posicionamento sobre alguns questionamentos:

1. Devemos liberar a produção de todos esses materiais? E a venda? Que condições devem ser atendidas pela empresa?
2. Que cuidados devemos ter com a saúde de nossa população?
3. Quais são os benefícios dessa atividade em nossa cidade? E os riscos?

Conto com a colaboração de todos.

Atenciosamente,

O prefeito.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Apresente, a seguir, os diferentes setores da sociedade que participam do debate: empresa de biotecnologia; profissionais da saúde; setor agropecuário; poder público; e pesquisadores da área de ecologia.

Grupos sociais

Os alunos poderão inscrever-se nos diferentes grupos de acordo com seu interesse pes-

soal. Caso os grupos não apresentem a mesma procura, faça um sorteio entre os alunos para a distribuição dos integrantes nos grupos ficar mais equilibrada.

É importante que todos os grupos apresentem quase o mesmo número de alunos, pois na próxima etapa precisaremos de representantes de cada setor nos novos grupos que se formarão.

Empresa de biotecnologia

Formado por administradores e técnicos em biotecnologia, este grupo representa os interesses da indústria Transbio. Seus principais produtos são: na área alimentícia, óleo de soja transgênica e arroz com vitamina B; na área da saúde, insulina humana transgênica; e, na área agropecuária, agrotóxicos e soja



transgênica resistente a esse agrotóxico. A empresa paga todos os seus impostos e se localiza em cidades do interior de São Paulo com baixa renda *per capita*, como Ecolí. Suas plantações transgênicas são acompanhadas pelos órgãos de fiscalização e estão de acordo com as regras estabelecidas até o momento.

Profissionais da saúde

Formado por médicos, nutricionistas, enfermeiros e outros profissionais ligados à saúde humana, este grupo representa os interesses da população relacionados ao bem-estar do corpo. Preocupados com a presença da indústria Transbio na região, esses profissionais começaram a pesquisar dados sobre a população local para verificar os efeitos do trabalho em plantações transgênicas e, principalmente, as consequências do consumo de alimentos e medicamentos transgênicos. Além da toxicidade de produtos utilizados pela indústria, os profissionais da saúde preocupam-se com as taxas de alergia dos moradores locais.

Setor agropecuário

Formado por proprietários de fazendas de pequeno, médio e grande porte e por trabalhadores rurais, este grupo representa os interesses dos produtores agrícolas, que consistem em aumentar a produtividade do setor, o que traria benefícios para a cidade por meio da geração de empregos e de maior atividade econômica na região. No entanto, estão preocupados com os gastos com matéria-prima e com a rejeição do mercado consumidor.

Poder público

Formado pelos vereadores e secretários municipais, o grupo do poder público deverá avaliar quais seriam os ganhos com as atividades da Transbio para a economia local. Ele deve analisar também as relações comerciais entre a empresa e o setor agropecuário, principalmente no que diz respeito aos *royalties* ou direitos intelectuais. A legislação de venda ao consumidor é responsabilidade desse setor. Seus integrantes podem pensar também em exigências para a empresa, como investir nos hospitais da região o dinheiro que pagariam em impostos.

Pesquisadores da área de ecologia

Formado por biólogos, ambientalistas e ONGs de preservação do meio ambiente, este setor está preocupado com os impactos na área natural da cidade. Ecolí apresenta uma vegetação de cerrado e de mata atlântica, dois importantes biomas no Brasil que estão em risco, pois se encontram muito reduzidos. Esse setor deve avaliar os impactos em espécies nativas da região, pensando em como monitorá-los, e levantar informações sobre pesquisas na área.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*

Quando os grupos estiverem formados, apresente o texto referente a cada setor da sociedade para que iniciem o trabalho. Os alunos devem realizar pesquisas sobre o tema, buscando elaborar uma opinião sobre as questões mais importantes para o setor que represen-

tam. Se possível, devem consultar *sites* e visitar a biblioteca da escola.

Uma data será agendada para que os grupos apresentem os resultados da pesquisa. Até essa data, ressalte elementos das aulas que



possam ajudá-los. Além disso, podem relatar de que forma estão conseguindo informações sobre o tema.

Etapa 2 – Apresentando os resultados da pesquisa

Na data marcada, os alunos devem se reunir nos grupos formados inicialmente e discutir que respostas dariam à solicitação do prefeito do ponto de vista que representam. É importante que eles conversem bastante sobre isso, apresentando as informações pesquisadas no período. Além disso, cada aluno representará seu setor em um novo grupo que será formado a seguir. Por esse motivo, é importante a participação de todos, independentemente da qualidade da pesquisa inicial.

A seguir, organize a formação de novos grupos, com um representante de cada setor. Ou seja, cada novo grupo terá cinco participantes que representam os diferentes setores da sociedade. Apenas nesses novos grupos, registros deverão ser feitos para responder aos questionamentos propostos pelo prefeito.

“Os produtos liberados para o consumo deveriam apresentar, na embalagem, um símbolo informando que foram produzidos com organismos transgênicos. Essa proposta, de acordo com os profissionais da saúde, poderia facilitar a identificação de problemas causados pela ingestão desse material. Já os empresários e os representantes do setor agropecuário consideram que isso encareceria demais os produtos e afastaria o público consumidor. Os ambientalistas e o poder público, que concordam com os profissionais da saúde, dizem que esse encarecimento não seria tão grande comparado ao lucro que as empresas teriam com o uso dessa tecnologia.”

Para corrigir as cartas, você pode levar em conta a presença de opiniões contrastantes que evidenciem o debate realizado pelo grupo

Diferentemente dos tradicionais debates organizados nas aulas de Biologia sobre temas polêmicos, nesta oportunidade os alunos devem elaborar uma carta de consenso, em que se incorporem os diferentes pontos de vista, caso não seja possível uma proposta única. Esta não é uma tarefa simples e exige orientação e apoio do professor.

Por exemplo, durante a primeira conversa do novo grupo, um dos alunos pode se encarregar das anotações. Quando o grupo começar a discutir as questões do prefeito, cada representante deverá emitir o seu ponto de vista. Os demais setores devem dizer se concordam ou não com a opinião, apresentando outras informações para sustentar seu ponto de vista. O aluno responsável pelo registro, além de anotar a proposta, deve tomar nota das opiniões divergentes.

Depois que todos os representantes apresentarem seus pontos de vista, os grupos podem iniciar a elaboração da carta com base no registro feito. Exemplo:

nesse importante momento de argumentação a respeito desse tema sociocientífico.



PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Um tema bastante divulgado pela imprensa é o uso de uma espécie de soja transgênica resistente a um tipo de herbicida. Solicite aos alunos que façam uma pesquisa em livros didáticos, revistas ou internet sobre o tema.

A partir da pesquisa, os alunos devem ser capazes de responder as seguintes questões:

1. Qual foi a alteração introduzida na soja?
Material genético de uma bactéria e de vírus foi acrescentado à soja.
2. Que característica de interesse para os seres humanos esse material genético confere à nova soja?
A nova soja é resistente ao herbicida.
3. Quais as vantagens para o agricultor ao utilizar esse tipo de semente de soja?
A soja transgênica é resistente ao herbicida, assim, após a aplicação desse herbicida, a soja transgênica sobrevive, ao passo que as plantas daninhas não sobrevivem. Com isso, há redução no uso de insumos agrícolas, barateando o custo de produção.
4. Quais as desvantagens em relação ao uso dessas sementes?
O agricultor fica dependente da empresa produtora da semente e do herbicida – há uma venda combinada. Há riscos ao meio ambiente, como a contaminação genética.



RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Livros

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Produtos orgânicos: o olho do consumidor* / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

Trata-se de uma cartilha do Ministério da Agricultura produzida para orientar o consumidor sobre o novo selo de certificação de produtos orgânicos, o Sisorg (Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica). A publicação é ilustrada pelo cartunista Ziraldo e explica o que é produto orgânico, suas qualidades e como ele deve ser produzido para ganhar o selo.

LEITE, Marcelo. *Os alimentos transgênicos*. São Paulo: Publifolha, 2000.

O jornalista explica os diferentes aspectos do tema.

LORETO, Élgion L. S.; SEPEL, Lenira M. N. *Atividades experimentais e didáticas de biologia molecular e celular*. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Genética, 2003. v. 1. Essa obra apresenta materiais simples que po-

dem ser utilizados na produção de atividades práticas sobre o tema.

Documentários e filmes

Gattaca: a experiência genética (*Gattaca*). Direção: Andrew Niccol. EUA, 1997, 112min. 14 anos.

Ficção científica sobre uma sociedade organizada a partir das características genéticas das pessoas.

Genoma humano: decodificando a vida (*Decoding life: the blueprint of the human body*). Produção: Teleimagem. França, 1999, 50min. Série transmitida pela TV Escola que apresenta diferentes situações relacionadas ao estudo do genoma humano (câncer, herança, envelhecimento, entre outros).

Mendel e a manipulação dos genes (*Big questions: Mendel and the gene splicers*). Produção: Channel 4 learning England. Inglaterra, 2006, 19min.

Exibido pela TV Escola, este episódio da série *Ciência em foco* retrata o trabalho de Mendel e seus desdobramentos no conhecimento atual sobre a herança biológica.

