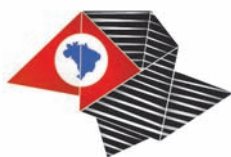




caderno do
PROFESSOR

BIOLOGIA



ensino médio
2ª SÉRIE
volume 2 - 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

Luis 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 Lisboa, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Máira 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, Sonia Salem, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luis Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira e Yassuko Hosoume

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

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

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza, Carla de Meira Leite, Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches Neto, Mauro Betti, Renata Elsa Stark 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 Murrie

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Antonio Carlos de Carvalho, Beatriz Blay, 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, 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 Murrie

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

Esdeva Indústria Gráfica

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.

Catalogação na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

S239c São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.
Caderno do professor: biologia, ensino médio - 2ª série, volume 2 / 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 978-85-7849-245-8

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



Prezado(a) professor(a),

Vinte e cinco anos depois de haver aceito o convite do nosso saudoso e querido Governador Franco Montoro para gerir a Educação no Estado de São Paulo, novamente assumo a nossa Secretaria da Educação, convocado agora pelo Governador José Serra. Apesar da notória mudança na cor dos cabelos, que os vinte e cinco anos não negam, o que permanece imutável é o meu entusiasmo para abraçar novamente a causa da Educação no Estado de São Paulo. Entusiasmo alicerçado na visão de que a Educação é o único caminho para construirmos um país melhor e mais justo, com oportunidades para todos, e na convicção de que é possível realizar grandes mudanças nesta área a partir da ação do poder público.

Nos anos 1980, o nosso maior desafio era criar oportunidades de educação para todas as crianças. No período, tivemos de construir uma escola nova por dia, uma sala de aula a cada três horas para dar conta da demanda. Aliás, até recentemente, todas as políticas recomendadas para melhorar a qualidade do ensino concentravam-se nas condições de ensino, com a expectativa de que viessem a produzir os efeitos desejados na aprendizagem dos alunos. No Brasil e em São Paulo, em particular, apesar de não termos atingido as condições ideais em relação aos meios para desenvolvermos um bom ensino, o fato é que estamos melhor do que há dez ou doze anos em todos esses quesitos. Entretanto, os indicadores de desempenho dos alunos não têm evoluído na mesma proporção.

O grande desafio que hoje enfrentamos é justamente esse: melhorar a qualidade de nossa educação pública medida pelos indicadores de proficiência dos alunos. Não estamos sós neste particular. A maioria dos países, inclusive os mais desenvolvidos, estão lidando com o mesmo tipo de situação. O Presidente Barack Obama, dos Estados Unidos, dedicou um dos seus primeiros discursos após a posse para destacar exatamente esse mesmo desafio em relação à educação pública em seu país.

Melhorar esses indicadores, porém, não é tarefa de presidentes, governadores ou secretários. É dos professores em sala de aula no trabalho diário com os seus alunos. Este material que hoje lhe oferecemos busca ajudá-lo nesta sua missão. Foi elaborado com a ajuda de especialistas e está organizado em bimestres. O Caderno do Professor oferece orientação completa para o desenvolvimento das Situações de Aprendizagem propostas para cada disciplina.

Espero que este material lhe seja útil e que você leve em consideração as orientações didático-pedagógicas aqui contidas. Estaremos atentos e prontos para esclarecer suas dúvidas e acatar suas sugestões para melhorar a eficácia deste trabalho.

Alcançarmos melhores indicadores de qualidade em nosso ensino é uma questão de honra para todos nós. Juntos, haveremos de conduzir nossas crianças e jovens a um mundo de melhores oportunidades por meio da educação.

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 bimestre	8
Tema – Herança biológica: variabilidade genética e hereditariedade	10
Situação de Aprendizagem 1 – As ideias pré-mendelianas	11
Situação de Aprendizagem 2 – As ideias de Mendel	17
Situação de Aprendizagem 3 – O processo meiótico	30
Situação de Aprendizagem 4 – A família Brasil	37
Situação de Aprendizagem 5 – Certo cromossomo X	43
Proposta de Situação de Recuperação	52
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	55
Considerações finais	56



SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

É com muita satisfação que apresento a todos a versão revista dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5^a a 8^a séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. Esta nova versão também tem a sua autoria, uma vez que inclui suas sugestões e críticas, apresentadas durante a primeira fase de implantação da proposta.

Os Cadernos foram lidos, analisados e aplicados, e a nova versão tem agora a medida das práticas de nossas salas de aula. Sabemos que o material causou excelente impacto na Rede Estadual de Ensino como um todo. Não houve discriminação. Críticas e sugestões surgiram, mas em nenhum momento se considerou que os Cadernos não deveriam ser produzidos. Ao contrário, as indicações vieram no sentido de aperfeiçoá-los.

A Proposta Curricular não foi comunicada como dogma ou aceite sem restrição. Foi vivida nos Cadernos do Professor e compreendida como um texto repleto de significados, mas em construção. Isso provocou ajustes que incorporaram as práticas e consideraram os problemas da implantação, por meio de um intenso diálogo sobre o que estava sendo proposto.

Os Cadernos dialogaram com seu público-alvo e geraram indicações preciosas para o processo de ensino-aprendizagem nas escolas e para a Secretaria, que gerencia esse processo.

Esta nova versão considera o “tempo de discussão”, fundamental à implantação da Proposta Curricular. Esse “tempo” foi compreendido como um momento único, gerador de novos significados e de mudanças de ideias e atitudes.





Os ajustes nos Cadernos levaram em conta o apoio a movimentos inovadores, no contexto das escolas, apostando na possibilidade de desenvolvimento da autonomia escolar, com indicações permanentes sobre a avaliação dos critérios de qualidade da aprendizagem e de seus resultados.

Sempre é oportuno lembrar que os Cadernos espelharam-se, de forma objetiva, na Proposta Curricular, referência comum a todas as escolas da Rede Estadual, revelando uma maneira inédita de relacionar teoria e prática e integrando as disciplinas e as séries em um projeto interdisciplinar por meio de um enfoque filosófico de Educação que definiu conteúdos, competências e habilidades, metodologias, avaliação e recursos didáticos.

Esta nova versão dá continuidade ao projeto político-educacional do Governo de São Paulo, para cumprir as 10 metas do Plano Estadual de Educação, e faz parte das ações propostas para a construção de uma escola melhor.

O uso dos Cadernos em sala de aula foi um sucesso! Estão de parabéns todos os que acreditaram na possibilidade de mudar os rumos da escola pública, transformando-a em um espaço, por excelência, de aprendizagem. O objetivo dos Cadernos sempre será apoiar os professores em suas práticas de sala de aula. Posso dizer que esse objetivo foi alcançado, porque os docentes da Rede Pública do Estado de São Paulo fizeram dos Cadernos um instrumento pedagógico com vida e resultados.

Conto mais uma vez com o entusiasmo e a dedicação de todos os professores, para que possamos marcar a História da Educação do Estado de São Paulo como sendo este um período em que buscamos e conseguimos, com sucesso, reverter o estigma que pesou sobre a escola pública nos últimos anos e oferecer educação básica de qualidade a todas as crianças e jovens de nossa Rede. Para nós, da Secretaria, já é possível antever esse sucesso, que também é de vocês.

Bom ano letivo de trabalho a todos!

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola





FICHA DO CADERNO

Genética

Nome da disciplina:	Biologia
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	2 ^a
Período letivo:	2 ^o bimestre de 2009
Temas e conteúdos:	Variabilidade genética e hereditariedade Características hereditárias, congênitas e adquiridas As concepções sobre hereditariedade: concepções pré-mendelianas e leis de Mendel Processo meiótico Teoria cromossômica da herança e herança ligada ao sexo



ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Caro(a) professor(a),

O material apresentado a seguir é uma coleção de atividades sobre Genética para ser aplicada aos alunos da 2ª série do Ensino Médio.

Compreender os mecanismos biológicos que explicam nossas semelhanças com parentes próximos ou distantes provoca enorme curiosidade em nossos estudantes. Vamos aproveitar essa curiosidade para desenvolver competências importantes, a fim de inseri-los na cultura científica atual. Mais que um conteúdo básico da Biologia, os conceitos genéticos são um meio de desenvolver uma visão abstrata da realidade. O modelo explicativo proposto por Mendel incentiva o desenvolvimento intelectual, ao exigir a criação de entidades abstratas para explicar o mundo real. Além disso, relaciona níveis de compreensão diversificados, como características físicas (cor dos olhos, por exemplo) e a ação de proteínas ou genes.

De forma geral, as atividades foram planejadas para atender aos seguintes objetivos:

- ▶ Dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens artística e científica.
- ▶ Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a

compreensão de fenômenos naturais e das manifestações artísticas.

- ▶ Selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- ▶ Relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
- ▶ Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade socio-cultural.

As atividades propostas priorizam o trabalho prático e coletivo, momento em que os alunos podem reformular suas ideias e confrontá-las com as dos colegas. Isso 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 muitas atividades independentes, pois podem ser modificadas ou selecionadas de acordo com suas necessidades.



Para introduzir o tema, os alunos são convidados a simular cruzamentos entre diferentes tipos de seres vivos. Além disso, várias atividades estão planejadas para que eles organizem e analisem dados. Textos e imagens foram especialmente selecionados para colaborar com a formação leitora do aluno.

Com o intuito de valorizar a interpretação de textos, propomos neste módulo questões que podem ampliar a compreensão dos estudantes a respeito dos temas tratados. No entanto, temos certeza de que tais questões podem ser modificadas ou substituídas por outras que você, professor, considerar mais oportunas diante das características do grupo ou de acordo com seu planejamento.

Os textos utilizados não foram originalmente produzidos para uma discussão conceitual de Biologia, por isso, permitem diferentes abordagens.

As diferentes questões dissertativas e de múltipla escolha apresentadas ao longo das várias Situações de Aprendizagem, aliadas às produções dos alunos, podem ser utilizadas como avaliações, pois explicitam como foi a participação e o aproveitamento do aluno nas atividades. Além disso, permitem observar quais são as competências e habilidades que devem ser priorizadas na formação do grupo.

Essa variedade de sugestões de atividades e avaliações precisa ser adequada à realidade de cada professor. Por isso, sempre que utilizar e/ou modificar alguma etapa da atividade, anote no próprio caderno as alterações feitas e os motivos disso. Encaminhe essas anotações para o *website* da SEESP. Essas sugestões serão compartilhadas com outros professores e, assim, acreditamos que o material poderá ser mais útil para todos, tornando-se uma criação coletiva.



TEMA – HERANÇA BIOLÓGICA: VARIABILIDADE GENÉTICA E HEREDITARIEDADE

Na história da humanidade sempre houve muita curiosidade sobre a herança biológica, isto é, a maneira como são herdadas as características ao longo das gerações. Mesmo antes de saber que o DNA é o material hereditário, os seres humanos já utilizavam os princípios da Genética para selecionar animais mais fortes, mais produtivos ou mais bonitos; plantas ou frutos mais desenvolvidos, produtivos e saborosos.

Atualmente, a produção de alimentos vem aumentando e sua qualidade se aprimorando graças à aplicação de conhecimentos genéticos. O desenvolvimento da Genética tem permitido saber como certas doenças se manifestam e são transmitidas ao longo das gerações. Dessa forma, é possível, por exemplo, estimar as chances de um casal vir a ter filhos com essas doenças. Assim, pode-se realizar o aconselhamento genético, ou seja, orientar casais alertando-os para o risco de doenças genéticas e incuráveis para seu bebê, que podem, às vezes, ser evitadas com medidas profiláticas.

Por essas e outras razões, podemos considerar que a genética está vinculada diretamente ao cotidiano das pessoas, e conhecer seus princípios e eventuais benefícios e riscos é de fundamental importância para uma par-

ticipação ativa e consciente na sociedade contemporânea, em discussões como o aborto terapêutico, o uso de alimentos geneticamente modificados, a terapia gênica etc.

Sobre o tema são apresentadas cinco Situações de Aprendizagem. A primeira trabalha com aspectos históricos da herança biológica.

A segunda acontece por meio de objetos virtuais de aprendizagem e apresenta as ideias de Mendel.

Na terceira Situação de Aprendizagem são discutidas as principais características do processo meiótico e é proposta uma simulação, para consolidar a relação entre as leis de Mendel e o comportamento dos cromossomos homólogos durante a meiose.

A construção de heredogramas e a aplicação das ideias de Mendel em características humanas são o foco da quarta Situação de Aprendizagem.

Por fim, a quinta Situação de Aprendizagem trabalha com a leitura de imagens e textos, o que permite resgatar conteúdos de todo o bimestre ao discutir a herança de características ligadas ao cromossomo X.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 AS IDEIAS PRÉ-MENDELIANAS

As atividades propostas nesta Situação de Aprendizagem visam permitir que os alunos entendam diferentes explicações sobre hereditariedade, em diferentes períodos históricos,

à luz das concepções da época em que foram propostas. Espera-se com isso que consigam identificar e diferenciar características genéticas, hereditárias, congênitas e adquiridas.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: características hereditárias, congênitas e adquiridas; concepções pré-mendelianas sobre hereditariedade.

Competências e habilidades: interpretação de texto; classificação das características dos seres vivos; elaboração de texto.

Estratégias: leitura e interpretação de textos; resolução de problemas de classificação; elaboração de cartas.

Recursos: textos presentes neste Caderno.

Avaliação: as questões de verificação de leitura, a classificação das características e as cartas produzidas são excelentes indicadores da participação dos alunos.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem 1

Etapa 1 – Sondagem inicial e sensibilização

Para iniciar esta Situação de Aprendizagem, proponha uma leitura compartilhada do texto sobre as causas da surdez. Antes de iniciar a leitura, apresente o título aos alunos e pergun-

te o que sabem sobre essa deficiência. Pergunte também se conhecem pessoas que têm déficit de audição. Com esse diálogo, a intenção é motivá-los para as discussões seguintes.



Surdez: uma característica invisível

Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Ao nascer, um bebê parece saudável. No entanto, ele pode ter uma deficiência auditiva que dificulte o desenvolvimento de sua linguagem. Quanto mais rápido for o diagnóstico da surdez nas crianças, mais chances elas terão de desenvolver suas capacidades comunicativas.

A surdez é a deficiência sensorial mais comum em seres humanos. Quando chega aos 70 anos, cerca de 60% das pessoas, considerando-se a população mundial, apresentam perdas consideráveis da capacidade auditiva, inclusive por longa exposição a sons de volume alto.

No entanto, a proporção de crianças que nascem surdas é muitíssimo menor. No Brasil, estima-se que, em cada mil crianças nascidas, apenas quatro sofram perda auditiva.

Esse número poderia ser ainda mais baixo. É que, no nosso país, a rubéola é uma das principais causas de surdez na infância. Quando o vírus da rubéola infecta uma mulher grávida, ele pode provocar a perda total da audição do bebê. Por isso, é fundamental que as mulheres em idade fértil estejam vacinadas contra essa enfermidade.

Uma vacina também é capaz de prevenir outra importante causa de surdez na infância, a meningite. Todas as crianças de até 2 anos de idade devem ser vacinadas contra a meningite.

Nos países mais desenvolvidos, esses fatores perdem importância, pois a principal causa de surdez entre crianças, correspondente a mais de 50% dos casos, está relacionada a alterações no DNA. Já no Brasil, essa causa responde por apenas 20% dos casos.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Após a leitura do texto, discuta em duplas as questões a seguir:

1. Segundo o texto, qual é a importância da audição?

Ela seria importante para desenvolver a linguagem do indivíduo.

2. Por que motivo o número de crianças surdas é menor em países desenvolvidos?

O número de crianças surdas em países desenvolvidos é menor porque a vacinação preventiva da rubéola e da meningite é mais abrangente do que nos países menos desenvolvidos.

3. Elabore uma lista com as causas da surdez apresentadas ao longo do texto.

Causas da surdez apresentadas no texto: longa exposição a elevados ruídos, alterações no DNA, rubéola e meningite.

4. Como a vacinação pode diminuir o número de crianças surdas?

Com a vacinação, as mulheres grávidas não teriam rubéola e o vírus não contaminaria os bebês; as crianças até 2 anos de idade não teriam meningite, o que diminuiria o número de surdos.



Etapa 2 – Classificando as características humanas

Após a discussão das respostas dadas pelos alunos às questões relacionadas ao texto, apresente-lhes o quadro comparativo a seguir;

que classifica as características dos seres vivos como genéticas, hereditárias, congêntas ou adquiridas. Para facilitar a compreensão dos alunos, você pode utilizar os exemplos relacionados à surdez presentes no texto da etapa anterior.

Características	Genéticas	<ul style="list-style-type: none"> ▶ São determinadas pelo DNA do indivíduo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Muitos são os genes envolvidos com a capacidade de audição. Qualquer alteração de pelo menos um deles pode levar à surdez.
	Hereditárias	<ul style="list-style-type: none"> ▶ São transmitidas de uma geração para outra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ As pessoas surdas por meningite, rubéola ou exposição a elevados ruídos não transmitem essa característica para seus filhos; assim, a surdez, nestes casos, não é uma característica hereditária. No entanto, quando a surdez é genética, causada por alteração nos genes, ela pode ser transmitida de uma geração para outra, sendo, portanto, hereditária.
	Congêntas	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Os indivíduos apresentam desde o nascimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Quando uma grávida é contaminada pelo vírus da rubéola, o bebê pode nascer surdo. A surdez, neste caso, pode ser considerada congênita, pois o bebê já nasce com esta característica.
	Adquiridas	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Os indivíduos não apresentavam ao nascer. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ A surdez provocada por longa exposição a ruídos pode ser considerada adquirida, pois o indivíduo não a apresentava antes do nascimento. A surdez provocada por meningite também é adquirida.

Depois dessa apresentação, peça aos alunos que, em duplas, classifiquem as características abaixo de acordo com as categorias indicadas no quadro anterior.

cor dos olhos – idioma – cor do cabelo –
barba – gripe – inteligência

Após a classificação, devem ser formados grupos de quatro alunos, para que cada dupla compare suas respostas e apresente as justificativas para as classificações divergentes. Uma correção coletiva pode ser feita por você. É importante valorizar a argumentação dos alunos nesse momento, além da clareza dos critérios utilizados na classificação.



Classificação das características humanas:

Cor dos olhos – trata-se de uma característica genética e hereditária. Além disso, o indivíduo nasce com a característica, ou seja, podemos classificá-la como congênita.

Idioma – trata-se de uma característica adquirida.

Cor do cabelo – é uma característica genética e hereditária. No entanto, a cor do cabelo pode mudar ao longo do desenvolvimento da criança. Os alunos podem, por isso, classificá-la ou não como congênita. Além disso, as pessoas podem mudar a cor do cabelo com produtos específicos, o que nos permite classificar a característica como adquirida também.

Barba – característica genética e hereditária, porém não a apresentamos ao nascer.

Gripe – característica adquirida.

Inteligência – para essa característica, os alunos podem considerar aspectos genéti-

cos, hereditários, mas, principalmente, adquiridos.

Etapa 3 – As ideias sobre hereditariedade

A partir dos exemplos estudados, inicie com os alunos uma discussão sobre a construção das ideias de hereditariedade. Para isso, a leitura de um texto sobre as origens da teoria genética é muito útil.

Ao longo do texto, alguns fatos históricos sobre hereditariedade são apresentados. Além deles, discussões sobre a produção de conhecimento científico também são feitas. Por exemplo: algumas ideias refutadas em certo período são reutilizadas por outros pesquisadores após muito tempo, outras consideradas equivocadas atualmente foram necessárias para a construção das que são aceitas atualmente. A interpretação dos dados permite argumentar contra ou a favor de uma teoria, devendo-se levar em consideração que os recursos tecnológicos e conceituais disponíveis em um período limitam nossa interpretação do mundo.

Os pioneiros da Genética: Hipócrates e Aristóteles

Maria Augusta Querubim

Hipócrates (460-377 a.C.)

A história da Genética começou há mais de 2400 anos, quando Hipócrates, considerado o fundador das ciências médicas, propôs, em 410 a.C., a Hipótese da Pangênese, para explicar a hereditariedade.

De acordo com essa hipótese, a transmissão das características hereditárias baseava-se na produção, por todas as partes do corpo, de partículas muito pequenas, que eram transmitidas para a descendência no momento da concepção. Para validar esta teoria, Hipócrates argumentava que os filhos,



geralmente, reproduzem as características dos pais: cor de olhos, tipo de cabelo e até mesmo deficiências como o estrabismo, inclusive doenças que, atualmente, sabemos que não são hereditárias.

A pangênese permaneceu como a única teoria geral de hereditariedade até o final do século XIX. Foi de Hipócrates, também, o conceito de hereditariedade de caracteres adquiridos – adotado pelo naturalista francês Jean Baptiste Lamarck, em 1809, como explicação do mecanismo de mudanças evolutivas – uma explicação, ainda hoje, utilizada por muitas pessoas.

A teoria da pangênese foi adotada por Darwin, em 1859, em suas explicações sobre a evolução.

Aristóteles (384-322 a.C.)

Para Aristóteles, existia uma base física da hereditariedade no sêmen produzido pelos pais. Essa ideia foi fundamental para o desenvolvimento posterior da Genética, pois, a partir da sua proposição, passou-se a considerar a hereditariedade como resultado da transmissão de algum tipo de substância pelos pais.

O termo “sêmen” foi usado por Aristóteles com o sentido de semente. Atualmente, o termo correspondente seria gametas, cujo papel na reprodução só foi estabelecido em meados do século XIX.

Aristóteles conhecia a hipótese da pangênese, e, apesar de relacionar argumentos importantes que apoiavam a pangênese como uma hipótese plausível, ele a rejeitou.

Algumas características não estruturais, como a voz ou o jeito de andar, frequentemente herdadas, levaram Aristóteles a se perguntar a respeito da maneira pela qual produziriam material para o sêmen. Além disso, observou, por exemplo, que filhos de pais com cabelos e barbas grisalhos não são grisalhos ao nascer.

As evidências mais importantes que refutaram tanto a pangênese de Hipócrates como a de Darwin, cerca de dois mil anos mais tarde, estavam ligadas à não transmissibilidade das mutilações; plantas mutiladas produziam descendência perfeita, assim como homens que haviam perdido partes do corpo.

Havia, ainda, o poderoso argumento de que se o pai e a mãe produzem sêmen com partículas precursoras de todas as partes do corpo, não deveria se esperar que os descendentes tivessem duas cabeças, quatro braços etc.?

Aristóteles era um cientista à frente de seu tempo. Ele propôs uma hipótese que, embora vaga, ainda é considerada verdadeira, acima de qualquer suspeita. Pode-se considerar que nenhum avanço relevante, em termos de transmissão de características hereditárias, foi alcançado até o final do século XIX, ou seja, a compreensão da hereditariedade não progrediu entre Aristóteles (384-322 a.C.) e Gregor Mendel (1822-1884).

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Antes de iniciar a discussão sobre Ciência, peça aos alunos que localizem, individualmente, ao longo do texto, respostas para as questões a seguir:



1. O texto apresenta o conceito da pangênese proposto por Hipócrates. Explique, com suas palavras, esse conceito.

De acordo com a pangênese, ocorre uma produção de partículas por todas as partes do corpo e uma transmissão dessas partículas para a descendência no momento da concepção.

2. Como Aristóteles pensava que as informações hereditárias eram transmitidas de uma geração para outra?

Por meio do sêmen produzido pelos pais.

3. Quais eram as críticas de Aristóteles sobre as ideias de Hipócrates?

Algumas críticas de Aristóteles eram:

- As semelhanças entre pais e filhos não se restringem à estrutura corporal.

- Crianças não nascem com características presentes nos adultos.

- Se a criança herda características de um órgão da mãe e outras de um órgão do pai, ela deveria nascer com dois órgãos distintos.

- Indivíduos mutilados podem gerar filhos perfeitos.

Após a leitura do texto e da resolução das questões propostas, os alunos, em duplas, devem produzir os seguintes textos:

- ▶ Um casal era loiro desde o nascimento. A cor dos cabelos dos dois foi escurecendo até ficar castanho-escuro. Agora, eles estão esperando um bebê. Se Hipócrates escrevesse uma carta para o casal dizendo qual será a cor do cabelo do bebê e o motivo disso, como seria essa carta?
- ▶ Como Aristóteles criticaria, por meio de outra carta, as ideias apresentadas na carta de Hipócrates sobre a cor dos cabelos do bebê?

Por meio das cartas, os alunos podem criar diferentes abordagens para o tema, mas ao abordar o problema baseado nas ideias de Hipócrates, eles devem dizer que a criança nasceria com cabelos castanhos de acordo com a pangênese. Já na carta de Aristóteles, eles deveriam criar argumentos semelhantes aos da questão 3.

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

1. O sarampo é uma doença:

a) congênita.

c) genética.

b) hereditária.

d) adquirida.



2. Os seres humanos:

- a) possuem poucas características congê-nitas.
- b) não herdam comportamentos de seus pais.
- c) possuem apenas características gené-ticas.
- d) não adquirem muitas características ao longo da vida.
- e)** possuem características genéticas que podem ser herdadas de seus pais.

3. Sobre a pangênese, podemos afirmar que:

- a) não era útil para explicar como os filhos se assemelhavam aos pais.
- b) é uma ideia aceita por toda a comunida-de científica atualmente.

c) ela defende que ocorre a transmissão de partículas para os pais no momento da concepção.

d) era uma ideia defendida por Aristó-teles.

e) ela argumenta que há uma produção de partículas por todas as partes do corpo.

4. De acordo com as ideias da pangênese, como nasceria o filho de um homem que se tornou musculoso por realizar muitas atividades físicas?

A criança nasceria com músculos semelhan-tes aos do pai.

5. Por que não nascerá uma criança muscu-losa, mesmo que o pai tenha essa caracte-rística?

Os músculos do pai foram adquiridos pela atividade física. Essa característica não é transmitida pelos gametas aos filhos.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 AS IDEIAS DE MENDEL

Esta Situação de Aprendizagem trata das ideias fundamentais de Gregor Mendel. Ela foi adaptada das atividades elaboradas para a internet, conhecidas como “Objetos Virtuais de Aprendizagem”, e disponíveis no *site* do projeto Rived (Rede Interativa Virtual de Educação: <<http://rived.proinfo.mec.gov.br>>), do Ministério da Educação, onde

é possível acessar conteúdos para diferentes disciplinas.

Dentre os conteúdos para a disciplina de Biologia, você encontra um módulo específico de Genética. É possível salvar as atividades no computador e utilizá-las *off-line*, independentemente do acesso à internet. Entretanto, é



preciso que os alunos tenham acesso ao computador para trabalhar essas atividades. Nas escolas que contam com sala de informática, seria muito interessante realizar esse estudo no computador.

A primeira atividade é “O caso do rebanho de Jacó”. Um problema é apresentado aos alunos e, para resolvê-lo, eles devem realizar cruzamentos para descobrir qual é o casal que ajudaria Jacó a ter cabras malhadas.

A segunda atividade, “O trabalho de Mendel com as ervilhas”, é apresentada pelo próprio Gregor Mendel. Ele descreve seus trabalhos

com ervilhas e, durante a atividade, o aluno deverá acompanhar o relato completando esquemas para ilustrar a fala do pesquisador.

A terceira atividade, “As ervilhas ajudariam Jacó?”, retoma o problema das cabras, mas utilizando os conhecimentos produzidos por Mendel. Agora, Jacó tem novas cabras para cruzar e deve descobrir o fenótipo e o genótipo delas. Esses termos não são explicados nas atividades anteriores. Você pode apresentá-los antes de iniciar essa atividade ou solicitar aos alunos que tentem descobrir seu significado na própria atividade; dessa forma, a sistematização ocorreria apenas depois.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: transmissão das características hereditárias.

Competências e habilidades: elaborar e testar hipóteses sobre composição genética de indivíduos; propor e testar hipóteses sobre herança, aplicando as ideias de Mendel; reconhecer esquemas que resumem as ideias de Mendel; elaborar suposições sobre o fenômeno estudado; dada uma situação-problema envolvendo cruzamentos genéticos, identificar dados relevantes e propor estratégias para sua solução; interpretar dados apresentados em esquemas, tabelas e gráficos; a partir de conhecimentos sistematizados sobre transmissão das características hereditárias, solucionar os problemas propostos.

Estratégias: leitura de texto; elaboração de relatório escrito, com síntese das discussões em sala; resolução de problemas de genética; análise de textos, tabelas e esquemas envolvendo o trabalho de Mendel; trabalho em duplas; debate em grande grupo; realização de atividades na internet.

Recursos: computador com acesso à internet (opcional); textos “O problema de Jacó”, “Relendo o trabalho de Mendel” e “A história de Mendel”, presentes neste Caderno.

Avaliação: respostas às questões propostas durante a atividade; participação, cooperação e interesse no desenvolvimento das atividades propostas; registro escrito das conclusões; participação individual nas discussões e nos exercícios propostos; participação nas duplas e grupos maiores.



Atividade 1 – O caso do rebanho de Jacó

Etapa 1 – Sondagem inicial e sensibilização

Os diferentes aspectos modernos da Genética são atrativos aos alunos. No entanto, para trabalhar os aspectos históricos e básicos da disciplina, utilizaremos a resolução de um problema simples. Assim, seria interessante começar a aula dizendo que este módulo ajuda a entender diferentes notícias sobre a Genética, mas que, para isso, eles devem entender o

problema apresentado e tentar resolvê-lo. Os alunos podem ser divididos em duplas ou em trios para a realização da atividade.

Etapa 2 – O problema de Jacó

Leia ou peça que um ou mais alunos leiam para a classe o texto que apresenta o problema de Jacó, pastor de rebanho, casado com Léia e Raquel, filhas de Labão.

A proposta de Jacó

Não venho discutir minha vida amorosa aqui! Minha vida já é quase um livro aberto... E está descrita na Bíblia, em Gênesis, no capítulo 30! O motivo que me traz aqui é a necessidade de ajuda. Fiz um acordo com meu sogro Labão. Certo dia, eu disse a ele que me deixasse voltar para minha terra:

- Dê-me os meus filhos e as minhas mulheres, e eu irei embora.
- Fique comigo, por favor – respondeu Labão –, diga quanto quer, e eu pagarei!
- O senhor sabe como tenho trabalhado e como tenho cuidado dos seus animais. Antes de eu chegar, o senhor tinha pouco, depois, no entanto, tudo aumentou muito. Agora, preciso cuidar de minha família!
- Quanto você quer que eu lhe pague?
- Não quero salário. Eu continuarei a cuidar das suas cabras se o senhor concordar com a proposta que vou fazer. Hoje vou passar por todo rebanho a fim de separar para mim todos os cabritos malhados. É só isso que eu quero como salário.

Como a amizade entre os dois não era tão grande assim, Jacó ainda fez uma ressalva:

- No futuro será fácil o senhor saber se eu tenho sido honesto. Na hora de conferir o meu salário, se houver no meu rebanho cabritos que não sejam malhados, o senhor saberá que fui eu que o roubei.
- Está bem. Aceito sua proposta!

Adaptação de atividade da Rede Interativa Virtual de Educação (Rived) – SEED/MEC.

Disponível em: <<http://rived.proinfo.mec.gov.br/atividades/biologia/genetica/atividade1/atividade1.htm>>.

A grande maioria das cabras do rebanho de Labão é preta, sendo poucas malhadas. Jacó está interessado em possuir um grande

rebanho de cabras malhadas, e o seu problema é fazer com que aumente o número de cabras malhadas no rebanho.



Após a leitura, as duplas ou trios devem discutir como resolver o problema de Jacó.

No momento, existem no rebanho três machos e três fêmeas, todos pretos, para serem cruzados:

Machos	Fêmeas
Simeão	Bila
Levi	Zila
Ruben	Dina

Em cruzamentos anteriores, Simeão, Zila e Dina sempre produziram filhotes pretos não importando a(o) parceira(o). Bila, Levi e Ruben em alguns cruzamentos também produziram apenas filhotes pretos, mas em outros apareceram filhotes malhados.

Após um tempo para a discussão das duplas ou trios sobre os dados apresentados, proponha as seguintes questões para interpretação:

1. Qual casal traria maiores benefícios para Jacó?

Por já terem produzido filhotes malhados, a fêmea do casal teria de ser obrigatoriamente Bila, ao passo que o macho poderia ser Levi ou Ruben.

2. As cabras escolhidas apresentam uma aparência semelhante à das outras: todas são pretas. O que será que só elas possuem de

diferente das outras para ter filhotes malhados?

Quando os alunos respondem a essa questão, evidenciam suas concepções prévias sobre transmissão de características hereditárias. Apesar de terem aparência semelhante (fenótipo), a constituição genética (genótipo) das cabras é diferente; as que podem ter filhotes malhados são heterozigóticas. Alguns alunos podem citar nomes de estruturas citológicas, como cromossomos e DNA, mas sem associá-los aos mecanismos genéticos. Dessa forma, esses conceitos se tornam inúteis para diferenciar as cabras. No entanto, eles podem servir de pontes para aproximar a genética da citologia nas Situações de Aprendizagem seguintes.

3. De que maneira uma característica, como a cor da cabra, passa de uma geração para outra? Solicite que registrem as respostas, que podem ser um interessante material para avaliação do módulo. As respostas serão variadas, mas, na discussão com a classe, as características que passam de uma geração para outra por meio de gametas devem ficar evidentes.

Após a discussão, realizada com base nas respostas dos alunos, consolide o conceito de transmissão das características por meio de uma aula expositiva. O objetivo dessa apresentação é compartilhar a ideia de que o material genético está presente em todas as células, inclusive nos gametas que serão usados na formação da prole.



Atividade 2 – Relendo o trabalho de Mendel

Etapa 1 – Sondagem inicial e sensibilização

Para iniciar esta atividade, convide os alunos a conhecer um pouco da história de Mendel, por meio da leitura do texto a seguir.

Quem foi Gregor Mendel?

A Genética teve início no ano de 1900, quando um trabalho publicado em 1866, pelo monge agostiniano Gregor Mendel, tornou-se conhecido pela comunidade científica. Neste trabalho, Mendel propunha explicações para a herança de algumas características da ervilha *Pisum sativum*, explicações que ficaram conhecidas, mais tarde, como leis de Mendel.

Após completar seus estudos no mosteiro de Brno (atual República Tcheca), Mendel foi para Viena, onde frequentou cursos de Física e se submeteu a exames necessários à obtenção do título de professor.

Acredita-se que ali Mendel tenha se inteirado das discussões sobre evolução biológica, tema que, no início da década de 1850, já despertava a atenção dos biólogos e que atingiria seu ponto alto em 1859, com a publicação do livro *A origem das espécies*, do inglês Charles Darwin.

O monge cientista entusiasmou-se com a questão da evolução e percebeu que, para compreender esse fenômeno, seria necessário conhecer os fundamentos da herança biológica.

De volta a Brno, Mendel passou a se dedicar à problemática da hereditariedade: leu os principais trabalhos sobre o assunto e decidiu utilizar a ervilha como material experimental, como haviam feito alguns de seus antecessores.

AMABIS, J. M.; MIYAKI, C.Y.; MORI, L.; SILVEIRA, R.V.M. Trecho extraído do material PEC – *Construindo Sempre*. V. 1. Biologia. Disponível em <<http://www.ib.usp.br/microgene/files/biblioteca-17-PDF.pdf>>.

Um dos objetivos centrais do ensino de Biologia é contextualizar a ciência historicamente. No entanto, a abordagem dada ao ensino de Genética apenas aparenta tratar tais aspectos quando discutimos os trabalhos de Mendel. Existe ainda uma tentativa de reproduzir os trabalhos de Mendel na sala de aula, não refazendo seus experimentos, mas analisando seus dados e chegando a suas conclusões.

Cabe lembrar que os alunos do Ensino Médio não possuem a mesma rede cognitiva do monge e físico Gregor Mendel. Assim, é impossível elaborar os mesmos modelos abstratos que explicam seus inúmeros dados.

Tendo em vista essa premissa, esta atividade tem o objetivo de apresentar aos alunos o trabalho de Mendel e seus experimentos com as ervilhas, com enfoque não nas relações matemáticas, mas no modelo proposto.

Etapa 2 – A história de Mendel

Proponha a leitura da história em quadrinho, que é uma adaptação da atividade interativa do projeto Rived (Rede Interativa Virtual de Educação), disponível no endereço: <[http://](http://rived.proinfo.mec.gov.br/atividades/biologia/genetica/atividade2/atividade2.htm)

rived.proinfo.mec.gov.br/atividades/biologia/genetica/atividade2/atividade2.htm>.

Uma estratégia interessante seria interromper a leitura para escrever na lousa as situações que aparecem ao longo do texto.

Dialogando com Mendel

OLÁ! MEU NOME É MENDEL. VOU CONTAR PARA VOCÊS UMA EXPERIÊNCIA BEM INTERESSANTE QUE FIZ COM... ERVILHAS!

EU CULTIVAVA ALGUMAS VARIEDADES DE ERVILHAS; VERDES, AMARELAS, LISAS, RUGOSAS, ENTRE OUTRAS.

PARA SIMPLIFICAR, VAMOS ATER APENAS A TEXTURA DAS SEMENTES, QUE PODEM SER LISAS OU RUGOSAS.

LISAS
RUGOSAS

COM MUITO SUOR, CONSEGUI OBTER SEMENTES PURAS! CHAMO DE PURA A SEMENTE QUE, QUANDO CRESCE, GERA UMA PLANTA QUE DÁ ORIGEM APENAS A SEMENTES IGUAIS À QUE A ORIGINOU.

LISA LISA 100% LISA
RUGOSA RUGOSA 100% RUGOSA

MAS, E SE CRUZAMOS UMA PLANTA DE SEMENTE LISA COM UMA DE RUGOSA? APARECERIAM LISAS, RUGOSAS OU DOS DOIS TIPOS?

SEMENTE LISA PURA COM SEMENTE RUGOSA PURA. CONSEGUE IMAGINAR NO QUE PODE RESULTAR?

ISSO MESMO! SÓ APARECEM SEMENTES LISAS! AGORA, E SE EU PLANTASSE ESTAS NOVAS SEMENTES LISAS E AUTOFEUNDASSE ESSAS PLANTAS? OU SEJA, CRUZASSE ELA COM ELA MESMA?

NESTA TERCEIRA GERAÇÃO, APARECEM ALGUMAS SEMENTES RUGOSAS ENTRE A MAIORIA DE LISAS!

ALGO ENTÃO CONSEGUE PASSAR DE UMA SEMENTE PARA OUTRA. CHAMEI DE FATOR "A" O QUE FAZ A SEMENTE FICAR LISA E, DE FATOR DUPLO "a", O QUE FAZ A SEMENTE FICAR RUGOSA.

AA aa



	Planta rugosa (pura) Fatores: a a		Planta lisa (pura) Fatores: A A	
Gametas produzidos	Gameta masculino Fator: a	Gameta feminino Fator: a	Gameta masculino Fator: A	Gameta feminino Fator: A
	Planta lisa híbrida Fatores: A a			
	Planta lisa (híbrida) Fatores: A a			
Gametas produzidos	Gameta masculino Fator: A ou a		Gameta feminino Fator: A ou a	





JAL



AGORA, ME AJUDE A REPRESENTAR ESTAS IDEIAS SOBRE O CRUZAMENTO DOS HÍBRIDOS NO ESQUEMA:

PLANTA Aa (1) x PLANTA Aa (2)

FATORES PRESENTES NOS GAMETAS PRODUZIDOS PELA PLANTA 1: A OU a

FATORES PRESENTES NOS GAMETAS PRODUZIDOS PELA PLANTA 2: A OU a

SE TRANSPORTARMOS ESSES GAMETAS PARA UMA TABELA, PODEREMOS DESCOBRIR COMO SERÃO OS DESCENDENTES.



		GAMETAS DA PLANTA 2 →	
	↓ GAMETAS DA PLANTA 1	A	a
A		AA	Aa
a		Aa	aa



COM BASE NO RESULTADO DO CRUZAMENTO DOS HÍBRIDOS, QUAL A PORCENTAGEM DE SEMENTES LISAS E SEMENTES RUGOSAS NOS MEUS EXPERIMENTOS?

RESPOSTA: 75% DE SEMENTES LISAS
25% DE SEMENTES RUGOSAS



APÓS ESTES RESULTADOS, MENDEL ESTABELECEU QUE:

“[...] AQUELAS CARACTERÍSTICAS QUE PASSAM DE FORMA TOTALMENTE OU QUASE INALTERADA PARA A COMPOSIÇÃO DO HÍBRIDO E QUE, POR ISSO MESMO, PASSAM A REPRESENTAR AS CARACTERÍSTICAS HÍBRIDAS EM SI SERÃO DENOMINADAS DOMINANTES; ENQUANTO AQUELAS QUE SE TORNAM LATENTES NA COMBINAÇÃO SERÃO DENOMINADAS RECESSIVAS. A RAZÃO DA ESCOLHA DO TERMO RECESSIVO SE DEVE AO FATO DE QUE AS CARACTERÍSTICAS ASSIM DESIGNADAS RECUAM PARA UM SEGUNDO PLANO OU ATÉ DESAPARECEM POR COMPLETO, PORÉM TORNAM A APARECER DE FORMA INALTERADA NA DESCENDÊNCIA [...]”

MENDEL, GREGOR. VERSUCHE ÜBER PFLANZENHYBRIDEN. TRADUÇÃO CORINE STANDERSKI. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.BIOLOGIE.UNI-HAMBURG.DE/B-ONLINE/DOB_MEND/MENDEL.HTM>. ACESSO EM: 05 MAR. 2009.



Após a finalização da atividade, verifique se os pontos principais foram bem compreendidos pelos alunos, que devem responder as questões a seguir:

1. O que Mendel fez?

Ele cruzou ervilhas puras com características distintas (lisa e rugosa) e, a partir da análise dos resultados, produziu um modelo explicativo para a herança dessa característica.

2. Quais foram os tipos de ervilhas cruzadas por ele?

Lisas e rugosas puras, ou seja, que só produzem ervilhas semelhantes. As ervilhas híbridas produzidas foram cruzadas entre si.

3. O que é autofecundação?

As plantas de ervilha apresentam flores com órgãos masculinos e femininos e, devido à sua anatomia, os grãos de pólen de uma planta podem fecundar a oosfera da mesma planta. Isso recebe o nome de autofecundação.

4. Qual era a característica dominante do cruzamento apresentado? E qual era a característica recessiva?

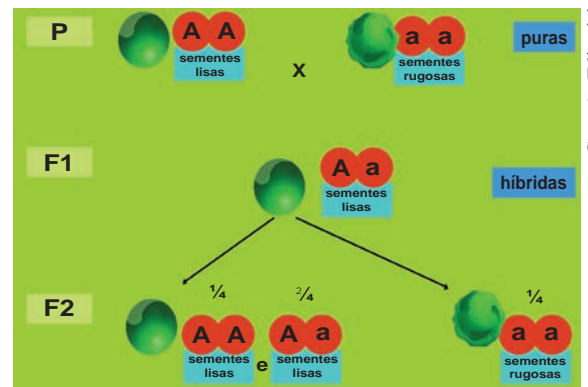
Lisa é dominante e rugosa é recessiva.

5. O que faz com que uma característica seja considerada recessiva ou dominante?

A característica dominante é a que aparece no híbrido. Enquanto a característica recessiva é aquela que se manifesta apenas em indivíduos puros apresentando os dois fatores recessivos.

Além disso, os alunos podem produzir um esquema para sintetizar as ideias de Mendel. Nesse esquema, eles devem representar as diferentes gerações de ervilhas estudadas bem como o modelo explicativo proposto pelo monge. Esses esquemas podem ser reproduzidos na lousa e comparados no final da aula. Dessa forma, os próprios alunos avaliam os esquemas dos colegas, apontando possíveis melhorias.

O esquema de síntese, que apresenta as gerações estudadas e o modelo proposto, pode ser semelhante ao apresentado a seguir:



Etapa 3 – Sugestão de avaliação

Como avaliação, você pode solicitar aos alunos a produção de um texto individual. Em apenas uma página, cada um deve comunicar para um público diferente (por exemplo, seus pais) quem era Mendel e qual o objetivo de seu trabalho. O aluno deve testar seu texto, pedindo que um representante do público-alvo o leia, antes de entregá-lo ao professor. Instigue-os: quais foram as opiniões dos leitores?

Atividade 3 – As ervilhas ajudariam Jacó?

Etapa 1 – Sondagem inicial e sensibilização

Retome a história de Jacó e suas cabras. Agora, com a ajuda dos resultados obtidos por Mendel, os alunos poderão responder à questão formulada na atividade 1.

As cabras escolhidas apresentam uma aparência semelhante à das outras: todas são pretas. O que será que só elas possuem para ter filhotes malhados que as outras não possuem?

Estimule-os também com questões do tipo: o que podemos supor quando duas cabras pretas se cruzam e um filhote malhado nasce?

Etapa 2 – O problema de Jacó continua

Nesta etapa, os alunos devem, com base nos resultados de cruzamentos, descobrir os genótipos das novas cabras e escolher o casal ideal para aumentar o rebanho de cabras malhadas de Jacó.

Apresente o novo problema de Jacó:

Chegaram seis novas cabras importadas, das quais apenas uma é malhada, e Jacó precisa saber quais são os melhores cruzamentos, ou seja, aqueles que darão cabras malhadas, para que ele possa aumentar seu rebanho.

Cabras novas	Sexo	Fenótipo	Genótipo
James Watson	♂	Preto	AA
Francis Crick	♂	Malhado	aa
Thomas Morgan	♂	Preto	Aa
Rosalind Franklin	♀	Preto	AA
Barbara Mclintock	♀	Preto	Aa
Lee Margoulis	♀	Preto	AA

Jacó realizou alguns cruzamentos entre as novas cabras:

♂ \ ♀	Rosalind Franklin	Barbara Mclintock	Lee Margoulis
James Watson	100% de filhotes pretos	100% filhotes pretos	100% de filhotes pretos
Francis Crick	100% de filhotes pretos	50% de filhotes pretos e 50% de filhotes malhados	100% filhotes pretos
Thomas Morgan	100% de filhotes pretos	75% de filhotes pretos e 25% de filhotes malhados	100% de filhotes pretos

Após os cruzamentos realizados por Jacó, os alunos devem completar o quadro com o genótipo das novas cabras.

Em seguida, peça a eles que analisem o quadro com os fenótipos e genótipos e escolham o casal ideal para Jacó realizar seus futuros cruzamentos.

- a) Pergunte aos alunos qual casal eles sugeriram a Jacó.

Os alunos podem escolher Thomas Morgan e Barbara Mclintock, esquecendo-se de que o casal ideal é Francis Crick (que é malhado e, portanto, aa) e Barbara Mclintock (que é Aa).

- b) Peça que calculem o resultado esperado para o cruzamento entre as duas cabras escolhidas, justificando sua resposta.

Nesse cruzamento, 50% dos filhotes serão pretos e 50%, malhados: ♂ aa × ♀ Aa = 50% Aa e 50% aa.

- c) Qual era a característica dominante? E a recessiva? Quais eram as cabras homozigotas? E as heterozigotas?

A característica cor preta é dominante sobre a malhada. Francis Crick é homozigótico recessivo (aa). James Watson, Rosalind Franklin e Lee Margoulius são homozigóticos dominantes (AA). Thomas Morgan e Barbara Mclintock são heterozigóticos (Aa).

Etapa 3 – Avaliando a participação dos alunos

As hipóteses dos alunos são bons indicadores. Se eles não compreenderam o tema, provavelmente não vão conseguir propor hipóteses coerentes com os resultados obtidos, ou, ainda, podem não estar habituados com o pensamento hipotético-dedutivo. Para auxiliá-los, aplique a atividade passo a passo, propondo questões básicas a cada momento, como: O que podemos supor quando duas cabras pretas se cruzam e um filhote malhado nasce? Assim, os saltos cognitivos exigidos serão mais acessíveis para atingir o mesmo objetivo.

Etapa 4 – Atividades complementares

Jacó estava selecionando as características mais interessantes para ele. Essa prática é comum e costuma ser feita com diferentes espécies. Os alunos podem levantar outras características que sempre foram selecionadas pelos homens em cães, tomates, bananas, gatos, ovelhas, vacas etc. Cada grupo pode ficar responsável por uma espécie. Procure organizar um painel integrado para apresentar os resultados dessa pesquisa e discutir as questões com a classe: Essas características eram selecionadas por quais motivos? Algumas das características que foram selecionadas em outras épocas hoje já não despertam interesse? E o inverso também pode ter acontecido?

Ao finalizar as três atividades com os alunos, procure sistematizar alguns conceitos



com base nos exemplos utilizados: gene, alelo, homozigoto, heterozigoto, dominante, recessivo, genótipo, fenótipo etc. Além disso, seria interessante apresentar as leis de Mendel. Para isso, o Caderno 1 de Biologia do projeto PEC – *Construindo Sempre* traz informações importantes e, inclusive, outras sugestões metodológicas.

Expectativas de aprendizagem

Ao término desta atividade, espera-se que os alunos sejam capazes de entender os conceitos de gene, alelo, homozigoto, heterozigoto, dominante, recessivo, genótipo, fenótipo, e consigam justificar os resultados de cruzamentos que envolvem indivíduos com constituição genética diferente.

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

- Uma característica dominante é:
 - aquela que aparece na maioria dos indivíduos.
 - a que não provoca doenças.
 - a que se manifesta nos indivíduos heterozigotos.
 - a que se manifesta nos indivíduos homozigotos.
 - aquela que aparece na minoria dos indivíduos.
- Fuvest 1991 – Um gato preto (A) foi cruzado com duas gatas (B e C), também pretas. O cruzamento do gato A com a gata B produziu oito filhotes, todos pretos; o cruzamento do gato A com a gata C produziu seis filhotes pretos e dois amarelos. A análise desses resultados permite concluir que:
 - a cor preta é dominante, A e C são homozigotos.
 - a cor preta é dominante, A e B são homozigotos.
 - a cor preta é dominante, A e C são heterozigotos.
 - a cor preta é recessiva, A e C são homozigotos.
 - a cor preta é recessiva, B e C são heterozigotos.
- Fuvest 1992 – Dois alelos atuam na determinação da cor das sementes de uma planta: (A), dominante, determina a cor púrpura e (a), recessivo, determina a cor amarela. A tabela a seguir apresenta resultados de vários cruzamentos feitos com diversas linhagens dessa planta:



Cruzamento	Resultado
I × aa	100% púrpura
II × aa	50% púrpura; 50% amarela
III × aa	100% amarela
IV × Aa	75% púrpura; 25% amarela

Apresentam genótipo heterozigoto as linhagens:

- a) I e III.
 - b) II e III.
 - c) II e IV.**
 - d) I e IV.
 - e) III e IV.
4. A fenilcetonúria é uma doença genética que resulta na incapacidade de processar a substância fenilalanina, contida nas proteínas que comemos. A fenilcetonúria é manifestada no início da lactância (amamentação) e, caso não seja tratada, geralmente leva a retardo mental. Essa doença, que afeta aproximadamente 1 em cada 12 mil recém-nascidos no Brasil, pode ser detectada logo após o nascimento por meio de triagem neonatal (conhecida popularmente por “teste do pezinho”).

Situação proposta: Um casal pretende ter um filho, mas consulta um geneticista porque o homem tem uma irmã com fenilcetonúria e a mulher tem dois irmãos com essa mesma doença. Não existem outros casos conhecidos em suas famílias.

- a) A fenilcetonúria é causada pelo alelo dominante? Justifique utilizando informações extraídas do texto.

Não, ela é causada por alelos recessivos, já que não existem outros casos de fenilcetonúria na família, mas os irmãos possuem a doença. Dessa forma, os pais do casal são heterozigotos e normais. A frequência da doença na população não tem relação com a dominância ou recessividade.

- b) Por qual motivo o casal está preocupado com o risco de o filho ter fenilcetonúria, se eles não são afetados pela doença?

Os pais da criança podem ser heterozigotos e, se ambos passarem o alelo recessivo, há chance de terem um filho doente.

5. Considere duas linhagens homozigotas de plantas, uma com frutos ovais e outra com frutos redondos. O alelo que determina fruto redondo é dominante.

- a) De que forma podem ser obtidas plantas com frutos ovais a partir do cruzamento das linhagens originais? Explique esquematizando os cruzamentos.

Podemos obter plantas com frutos ovais ao cruzar os híbridos obtidos do cruzamento das plantas puras homozigóticas.

- b) Demonstre em que proporção essas plantas de frutos ovais serão obtidas.

Elas serão 25% das plantas obtidas no cruzamento dos híbridos.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 O PROCESSO MEIÓTICO

As atividades propostas nesta Situação de Aprendizagem buscam evidenciar a relação existente entre a segregação dos alelos presentes nos cromossomos homólogos e o processo de meiose na transmissão das características

hereditárias. Espera-se, também, que os alunos consolidem os conceitos envolvidos no processo meiótico, sua importância e as principais características.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: meiose e as leis de Mendel.

Competências e habilidades: descrever o processo meiótico; relacionar o comportamento dos cromossomos na meiose e o dos genes na formação dos gametas.

Estratégias: simulação do processo meiótico.

Recursos: livro didático, papel *kraft* ou cartolina; seis bastões de massa de modelar de diferentes cores; dois pinos de plástico ou percevejos etiquetados com a letra *A* e dois pinos com a letra *a*; dois pinos de plástico ou percevejos etiquetados com a letra *B* e dois pinos com a letra *b*.

Avaliação: as respostas das questões de entendimento, o resultado da pesquisa orientada, bem como o material produzido na simulação podem ser indicadores da aprendizagem do tema.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem 3

Etapa 1 – Sondagem inicial e sensibilização

Para iniciar esta Situação de Aprendizagem, seria interessante resgatar com os alunos os conhecimentos sobre a mitose, processo de divisão celular estudado no 1º bimestre. Para isso, estimule-os com questões do tipo:

1. Uma célula em mitose produz quantas células-filhas?

Uma célula em mitose produz duas células-filhas.

2. Quanto ao conteúdo genético, como são as células-filhas em relação à célula que lhes deu origem?

Quanto ao conteúdo genético, as duas células-filhas são idênticas à célula que lhes deu origem.



3. Em que tipos de célula ocorre a mitose?

A mitose ocorre nas células somáticas, aquelas que formam o corpo dos indivíduos.

Etapa 2 – A pesquisa

A seguir, oriente-os a pesquisar no livro didático o outro tipo de divisão celular que, nos animais, dá origem aos gametas. A pesquisa deve ter o objetivo de explicar as seguintes questões:

1. Por que na formação dos gametas o tipo de divisão tem de ser diferente da mitose?

Na mitose, são produzidas duas células com o mesmo número de cromossomos da célula original. Se esse processo ocorresse na formação dos gametas, em cada fecundação seriam produzidos indivíduos com o dobro de cromossomos de seus pais e assim sucessivamente.

2. Como o número de cromossomos é mantido constante nas espécies com reprodução sexuada?

Nas espécies com reprodução sexuada, o número de cromossomos é mantido constante porque na formação dos gametas ocorre um processo de divisão que produz células-filhas com a metade do número de cromossomos da célula original. Na fecundação, é restaurado o número de cromossomos da espécie.

3. Qual o nome desse processo? Quais as características principais desse tipo de divisão?

Esse processo é chamado de meiose e é um tipo de divisão celular no qual uma célula diploide dá origem a quatro células haploides (gametas).

4. Quais os eventos mais significantes que ocorrem na meiose?

Os principais eventos que ocorrem no processo meiótico são: a duplicação dos cromossomos; o emparelhamento dos cromossomos homólogos; a permutação cromossômica (crossing over), a separação dos cromossomos homólogos e a separação das cromátides-irmãs.

5. Quando ocorre a duplicação dos cromossomos?

Na interfase, que antecede a meiose I, todo o material genético é duplicado. Por essa razão, cada cromossomo passa a possuir duas cromátides (as cromátides-irmãs).

6. O que são cromossomos homólogos e quando ocorre o emparelhamento entre eles?

Cromossomos homólogos são aqueles que carregam genes equivalentes, normalmente em pares, sendo herdados um de cada progenitor (um do pai e outro da mãe). No início da primeira divisão da meiose, os cromosso-

mos homólogos posicionam-se lado a lado em todo o seu comprimento, ou seja, emparelham-se.

7. Quando ocorre a separação dos cromossomos de origem materna e seus homólogos de origem paterna?

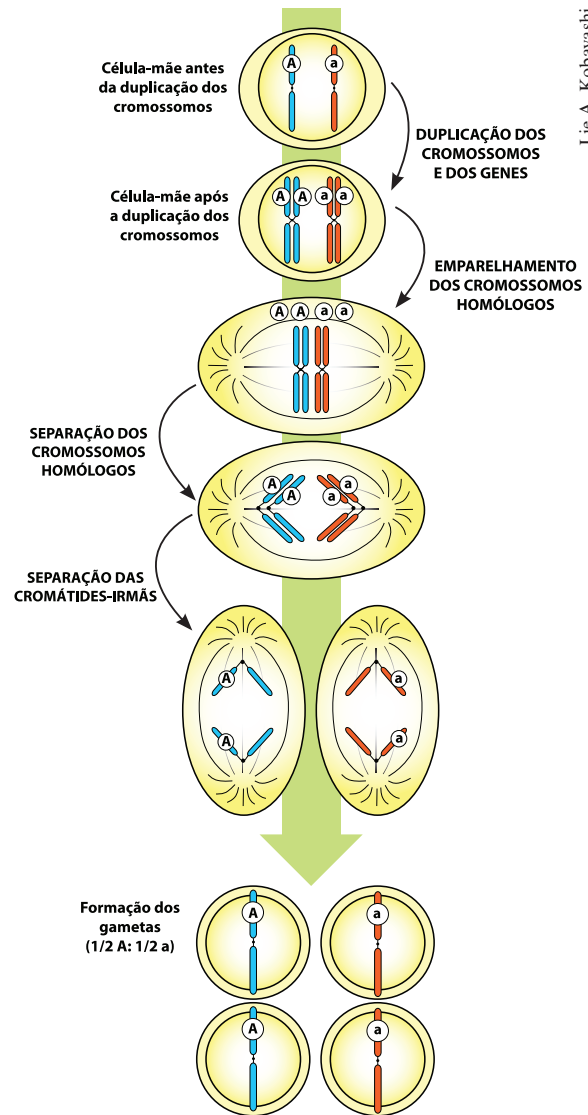
Em seguida, os homólogos separam-se e migram para polos opostos da célula, originando duas células, cada uma delas com apenas um cromossomo de cada par de homólogos. Nessa fase, apesar de cada cromossomo ser constituído de duas cromátides-irmãs, as duas células formadas já são qualitativamente haploides, isto é, apresentam apenas um representante de cada cromossomo.

8. Quando ocorre a separação das cromátides-irmãs?

Na segunda divisão da meiose, as cromátides-irmãs separam-se, migrando para polos opostos, sendo incluídas em células diferentes, de modo que, ao final da meiose, há a formação de quatro células haploides ou gametas.

9. Com base na célula com um par de cromossomos, como a mostrada a seguir, faça um esquema com os principais eventos do processo de meiose.

Os esquemas podem diferir, mas todos devem conter as etapas básicas:



Etapa 3 – Simulando o processo meiótico

Divida a classe em grupos e distribua o material: uma folha de papel *kraft* ou cartolina; seis bastões de massa de modelar de diferentes cores; dois pinos de plástico ou percevejos etiquetados com a letra *A* e dois pinos com a letra *a*; dois pinos de plástico ou percevejos etiquetados com a letra *B* e dois pinos com a letra *b*.

Apresente a situação que norteia o exercício de simulação adaptado de *Meiose e as leis de Mendel*, de Lyria Mori e Maria Augusta Q. R. Pereira. (Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/microgene>> link *Manual do Professor*. Acesso em: 26 jan. 2009.)

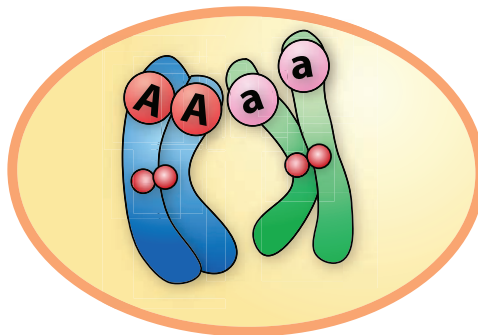
Para responder à questão: Qual a relação entre o comportamento dos cromossomos na

meiose e o dos genes responsáveis pelas características hereditárias? O grupo realizará simulações do processo de meiose, executadas em duas situações: I) meiose em células com um par de cromossomos ($2n = 2$) e com genótipo Aa ; II) meiose em células com dois pares de cromossomos e com genótipo $AaBb$, sendo cada gene localizado em um cromossomo diferente.

Situação I: célula com um par de cromossomos, heterozigótica para um gene (Aa)

- Desenhe um círculo em um papel, representando os limites da célula que irá sofrer meiose. Lembre-se de que a membrana do núcleo se desfaz quando a célula entra em divisão.
- Faça dois rolinhos de massa de modelar, de cores diferentes, com cerca de 5 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro, representando o cromossomo de origem materna e o cromossomo de origem paterna.
- Aplique nos bastões de massa os pinos de plástico marcados com as letras A e a , representando os alelos do gene em questão.
- Duplique cada cromossomo, materno e paterno, fazendo, com a massa de modelar, dois novos rolinhos da cor correspondente.
- Una os rolinhos da mesma cor pelos centrômeros.
- Coloque o alelo correspondente nas novas cromátides formadas.
- Com os bastões de massa representando os cromossomos duplicados, simule:
 - a) o emparelhamento dos cromossomos homólogos;
 - b) a primeira divisão da meiose;
 - c) a segunda divisão da meiose.

Lembre-se de que o material genético (DNA) duplica-se antes do processo de meiose propriamente dito, durante a interfase.



Lie A. Kobayashi



Situação II: célula com dois pares de cromossomos, heterozigótica para dois genes localizados em cromossomos diferentes ($AaBb$)

- Utilize quatro bastões de massa de modelar para representar dois pares de cromossomos homólogos. Empregue cores diferentes para os cromossomos de origem paterna e materna e para os diferentes pares de cromossomos homólogos. A célula a ser considerada tem número diploide de cromossomos igual a quatro ($2n = 4$ cromossomos).
- Molde um par de cromossomos metacêntricos (centrômero no meio) e um par de cromossomos acrocêntricos (centrômero na extremidade).
- Aplique nos bastões de massa que representam os cromossomos metacêntricos os pinos de plástico marcados com as letras A e a . Nos bastões de massa que representam os cromossomos acrocêntricos, aplique os pinos com as letras B e b .
- Duplique cada cromossomo, materno e paterno, fazendo, com a massa de modelar, quatro novos rolinhos das cores correspondentes.
- Una os rolinhos da mesma cor pelos centrômeros.
- Coloque o alelo correspondente nas novas cromátides formadas.
- Com os bastões de massa representando os cromossomos duplicados, simule:
 - a) o emparelhamento dos cromossomos homólogos;
 - b) a primeira divisão da meiose;
 - c) a segunda divisão da meiose.

Após simular os eventos meióticos, o grupo deve responder às seguintes questões de conclusão:

1. Na segunda etapa da Situação I, o que cada um dos rolinhos de massa de modelar representa?

Cada rolinho de massa de modelar representa um cromossomo.

2. Na sua simulação identifique:
 - a) os cromossomos homólogos;
 - b) as cromátides-irmãs.

Os cromossomos que foram representados são homólogos, portanto, portadores dos alelos do mesmo gene. Após a duplicação, cada cromossomo passa a ser constituído de duas cromátides idênticas (cromátides-irmãs).

3. Explique por que quando o alelo de uma cromátide é A , na cromátide-irmã o alelo também será A .

Uma cromátide-irmã foi copiada da outra no momento da duplicação, portanto se o alelo presente em uma cromátide é A , em sua cromátide-irmã, copiada da cromátide presente, o alelo também será A .



4. Quantos tipos de posicionamento são possíveis quando há dois pares de cromossomos homólogos emparelhados na primeira divisão da meiose?

Dois posicionamentos são possíveis: AA BB e aa bb ou AA bb e aaBB.

5. Compare o comportamento dos cromossomos na meiose com a segregação dos alelos:

- a) na primeira divisão meiótica;
b) na segunda divisão meiótica.

Na primeira divisão da meiose, ocorre o emparelhamento dos cromossomos homólogos e a migração dos homólogos para polos opostos, com a inclusão desses em células diferentes. Na segunda divisão, ocorre a separação das cromátides-irmãs num processo semelhante à mitose.

6. Quantos e quais tipos de gametas foram formados na meiose de uma célula duplo-heterozigótica ($AaBb$)?

Uma célula $AaBb$ forma, ao final da meiose, somente dois tipos de gametas: AB e ab ou Ab e aB, dependendo da posição relativa dos cromossomos portadores dos dois genes.

7. Segundo a lei da segregação independente (segunda lei de Mendel), quantos e quais tipos de gametas são produzidos por um indivíduo duplo-heterozigótico $AaBb$?

De acordo com a segunda lei de Mendel, são produzidos quatro tipos de gametas: AB, ab, Ab e aB.

8. Existe diferença entre as respostas das questões 6 e 7? Justifique.

Sim, pois várias células entram em meiose na formação dos gametas de um indivíduo $AaBb$, enquanto algumas células formam gametas AB e ab, outras poderão formar outros dois tipos de gametas Ab e aB. Assim, serão produzidos os quatro tipos de gametas: AB, ab, Ab e aB.

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

1. O albinismo é a incapacidade de um animal ou indivíduo de produzir o pigmento chamado melanina. A melanina é um pigmento avermelhado ou negro que normalmente existe na pele, nos cabelos e na membrana dos olhos. Sobre uma mulher

de pigmentação normal e heterozigótica para o albinismo, pergunta-se:

- a) Que proporção de seus gametas pode conter o alelo A ?
50%.



- b) Se ela se casar com um homem albino, quais serão os fenótipos esperados dos filhos do casal?

Normais para pigmentação: 50%; albinos: 50%.

- c) Se ela se casar com um homem heterozigótico, qual a probabilidade de nascimento de uma criança albina?

25%.

2. Explique o que é uma cromátide.

É o cromossomo recém-originado que ainda está ligado ao seu irmão pelo centrômero.

3. Considerando os processos de mitose e meiose, qual o número de cromossomos das células originadas pelos dois processos na espécie humana?

Mitose = 46 cromossomos; meiose = 23 cromossomos.

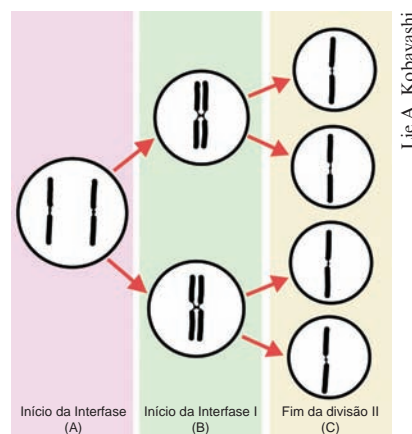
4. A duplicação dos cromossomos nos processos de divisão celular (meiose e mitose) ocorre:

- a) antes do início do processo.
- b) após o posicionamento dos cromossomos homólogos no centro da célula.
- c) após o posicionamento de todos os cromossomos no centro da célula.

- d) após o posicionamento dos pares de cromossomos homólogos no centro da célula.

- e) após a divisão do citoplasma.

5. Fuvest 2004 – A figura mostra etapas da segregação de um par de cromossomos homólogos em uma meiose.



No início da interfase, antes da duplicação dos cromossomos que precede a meiose, um dos representantes do par de alelos sofreu uma alteração. Considerando as células que se formam no final da primeira divisão (B) e no final da segunda divisão (C), encontraremos o alelo alterado em:

- a) uma célula em B e nas quatro em C.
- b) uma célula em B e em duas em C.
- c) uma célula em B e em uma em C.
- d) duas células em B e em duas em C.
- e) duas células em B e nas quatro em C.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 A FAMÍLIA BRASIL

A genética humana sempre desperta a curiosidade dos alunos. Por isso, vamos estudar os diferentes padrões de herança de algumas características humanas de uma família fictícia: “A família Brasil”. Espera-se que os

alunos consolidem os conceitos envolvidos na transmissão das características hereditárias, além daqueles envolvidos nos cálculos das probabilidades de ocorrerem determinados eventos.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: leis de Mendel; meiose.

Competências e habilidades: construir e analisar heredogramas; calcular probabilidades em problemas de genética; relacionar o processo meiótico com o cálculo de probabilidades.

Estratégias: simulação de cruzamentos e construção de heredogramas.

Recursos: álbum de fotos da família Brasil presente neste Caderno; papel para desenho; moedas.

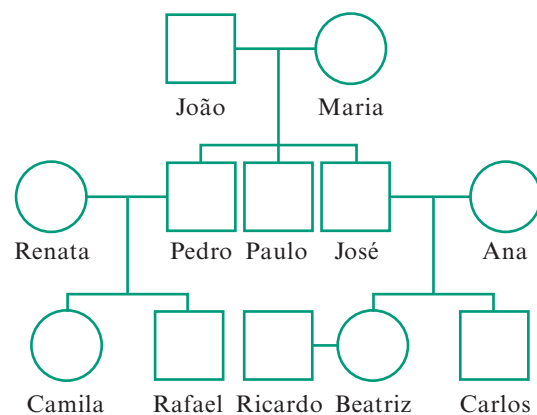
Avaliação: os desenhos e os heredogramas produzidos pelos alunos, bem como a resolução de problemas, podem ser indicadores da aprendizagem do tema.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem 4

O heredograma a seguir representa a família Brasil. Com ele, vamos estudar três características distintas: presença ou ausência de sardas, cabelos lisos ou encaracolados e necessidade ou não de usar óculos.













Depois de apresentar as características que serão estudadas, você pode ensiná-los a ler e construir um heredograma como este da família Brasil. Para isso, peça que consultem os livros didáticos e identifiquem os diferentes símbolos utilizados nesse tipo de representação.

O heredograma da família Brasil seria semelhante ao apresentado a seguir:





Apresente o álbum de fotos da família Brasil.

			
João	Maria	Pedro	José
			
Paulo	Ana	Renata	Camila
			
Rafael	Ricardo	Beatriz	Carlos

Pietro Antognoni

A descrição da família é:

“João e Maria tiveram três filhos homens – Pedro, Paulo e José. Renata casou-se com Pedro e teve Camila e Rafael. José casou-se com Ana, que teve Beatriz e Carlos. Beatriz casou-se com Ricardo.”

Depois de desenhar o heredograma, instrua os alunos a analisar se a característica “usar óculos” é dominante ou recessiva. A análise dos dados do heredograma deve levar os alunos a concluir que usar óculos é recessivo em relação

a não usá-los. Os alunos devem explicar para os colegas como chegaram a essa conclusão. O casal que melhor explica essa relação de dominância é Renata e Pedro, que tiveram Camila – ambos não usam óculos (heterozigóticos) e sua filha necessita usar óculos (homozigota recessiva). Coletivamente, os genótipos para a característica “usar ou não óculos” podem ser anotados ao lado dos nomes no heredograma.

Depois de analisar o heredograma da família Brasil, os alunos podem tentar, individualmente, fazer o mesmo com a característica



“sardas”. O casal José e Ana evidencia que ter sardas é característica dominante, já que Carlos não a apresenta.

Por fim, o tipo de cabelo também pode ser analisado no heredograma. Vários casais de cabelos lisos têm filhos com cabelos enrolados, mostrando que a característica recessiva, neste caso, é ter cabelos enrolados*.

Como lição de casa, os alunos podem tentar construir heredogramas de sua família utilizando a característica “dobrar a língua em forma de U”.

© Cordelia Molloy/
SPL-Lainstock



Em um momento seguinte, durante a correção da tarefa, não será necessário estabelecer uma única resposta para os heredogramas apresentados pelos alunos com os padrões de herança.

O mais importante dessa tarefa é envolver os alunos e gerar dúvidas quanto ao desenho dos heredogramas.

O padrão de herança da característica não necessita ser definido em detalhes, por existir uma variedade de casos familiares que podem gerar padrões complexos.

Agora, os alunos devem continuar o trabalho com a família Brasil. Em duplas, vão simular o nascimento dos filhos de Ricardo e Beatriz. Para isso, devem utilizar os genótipos definidos a seguir:

Características	Ricardo		Beatriz	
	Fenótipo	Genótipo	Fenótipo	Genótipo
Cabelos	Encaracolado	<i>ee</i>	Encaracolado	<i>ee</i>
Sardas	Presentes	<i>Ss</i>	Presentes	<i>Ss</i>
Óculos	Presentes	<i>oo</i>	Ausentes	<i>Oo</i>

Cada dupla vai representar o casal – um dos integrantes será Ricardo e o outro representará Beatriz – e fará a simulação do nascimento de dois filhos, de acordo com os

resultados de um sorteio. Para realizar o sorteio, cada aluno utilizará três moedas. Depois de utilizá-las, eles podem emprestá-las a outras duplas.

* Professor, é importante que você alerte os alunos de que a determinação da estrutura do cabelo está na dependência de um grande número de genes, e que ainda não se tem idéia de quantos e nem de todos os processos envolvidos. Um artigo interessante sobre este assunto foi publicado na revista *Nature Genetics*, em março de 2008. Aproveite para orientar os alunos de que, em Genética Humana, não se afirma que “o padrão dessa característica é”, mas se diz “neste caso, o padrão de herança mais provável é”. Vale lembrar que não faz parte dos objetivos do ensino de Genética que os alunos memorizem padrões de herança, o propósito é que eles consigam identificar, pelos resultados de cruzamentos, qual o padrão que explica o caso.



Cada moeda representa uma característica e, em cada face dela, um alelo deve ser representado. Por exemplo, a moeda que representa o gene das “sardas” de Ricardo deve ter em uma de suas faces o alelo *S* e, na outra, *s*. Já a moeda que representa o gene dos cabelos de Beatriz deve ter em ambas as faces a letra *e*.

Antes de iniciar o sorteio, seria interessante que você conferisse se as moedas foram marcadas de maneira correta.

Os alunos de uma dupla devem lançar as moedas simultaneamente e anotar os resultados em um quadro como o apresentado a seguir:

Características	Filho 1			Filho 2		
	Fenótipo	Alelos recebidos		Fenótipo	Alelos recebidos	
		do pai	da mãe		do pai	da mãe
Cabelos						
Sardas						
Óculos						

A partir do registro dos resultados do sorteio, os alunos podem desenhar os filhos da família Brasil de acordo com os fenótipos resultantes. Cada aluno da dupla pode desenhar um dos filhos e, junto ao desenho, registrar os genótipos e fenótipos das características estudadas. Cada aluno deve prender seu desenho em um quadro, onde todos os filhos estarão representados.

Ao final da aula, você poderá analisar a diversidade de desenhos. Por exemplo, todos os filhos apresentam cabelos encaracolados, mas nem todos possuem sardas. Além disso, a presença de sardas não garante o uso de óculos.

Após a análise da produção dos alunos, desafie-os com algumas situações que envolvam cálculos de probabilidades. Essa abordagem pode ser interessante para integrar os conhecimentos trabalhados ao longo das aulas. Para

isso, um problema sobre a família Brasil pode ser apresentado:

1. Ricardo e Beatriz estão esperando um bebê e querem saber qual é a probabilidade de essa criança vir a usar óculos.
50%.
2. E se o primeiro filho do casal já usar óculos, a chance de a segunda criança também precisar de óculos é alterada?
Não, continua 50%.
3. Qual seria a chance de esse casal ter um bebê com sardas e também cabelos lisos?
Nenhuma, pois Ricardo e Beatriz são homocigóticos para o tipo de cabelo e só podem ter filhos com cabelos encaracolados. No entanto, a chance de nascer uma criança com sardas seria de 75%.

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

1. A pseudoacondroplasia é um tipo de nanismo determinado geneticamente pelo alelo *D* autossômico dominante, que interfere no crescimento dos ossos durante o desenvolvimento. A princípio, pensou-se que o fenótipo anão seria expresso pelo genótipo *D/D* ou *D/d*. Entretanto, verificou-se que a severidade do alelo dominante, quando em dose dupla, produz efeito letal durante o desenvolvimento embrionário, provocando aborto precocemente. Considere um casal de anões pseudoacondroplásicos que já tem três crianças com a pseudoacondroplasia. Qual é a probabilidade de, em um eventual quarto nascimento, a criança também nascer afetada?

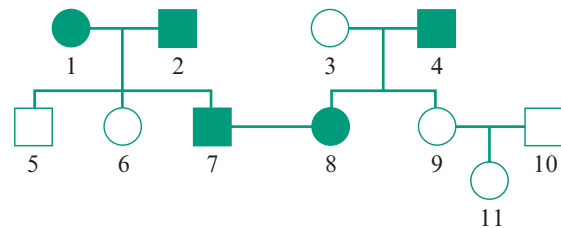
- a) 100%, pois os pais são homozigóticos dominantes.
- b) 2/3, já que não existem nascidos homozigóticos dominantes.
- c) 75%, já que basta receber um alelo dominante dos pais heterozigotos.
- d) 100%, pois já tiveram outras três crianças com pseudo-acondroplasia.
- e) não é possível determinar essa probabilidade.

2. Fuvest 1991 – Do casamento entre uma mulher albina com cabelos crespos e um homem normal com cabelos crespos, cuja

mãe é albina, nasceram duas crianças, uma com cabelos crespos e outra com cabelos lisos. A probabilidade de que uma terceira criança seja albina com cabelos crespos é:

- a) 75%
- b) 50%
- c) 37,5%
- d) 25%
- e) 12,5%

3. No heredograma a seguir, se os indivíduos marcados são afetados por uma característica genética, quais são as probabilidades de os casais terem crianças normais?



- a) O casal 7 × 8 tem 100% de chance.
- b) O casal 9 × 10 tem 50% de chance.
- c) O casal 1 × 2 tem 75% de chance.
- d) O casal 3 × 4 tem 50% de chance.
- e) O casal 9 × 10 não tem chance.



4. Comvest/Vestibular Unicamp 2004 – A herança da cor dos olhos na espécie humana geralmente é representada de forma simplificada como um par de alelos, A (dominante, determinando cor castanha) e a (recessivo, determinando cor azul). Baseando-se nessa explicação, analise as afirmações abaixo, proferidas por casais em relação à cor dos olhos de seu bebê, verificando se elas têm fundamento. Justifique sua resposta.

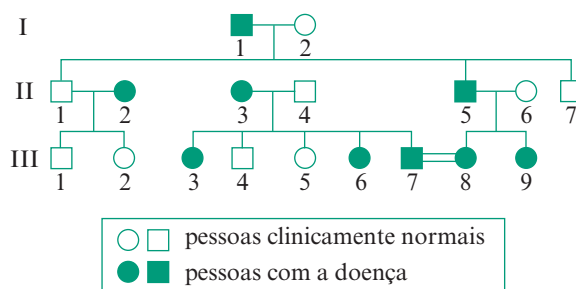
a) Afirmação de um casal de olhos azuis: “Nosso bebê poderá ter olhos castanhos porque as avós têm olhos castanhos”.

Falso, pois casal de olhos azuis, recessivo, não pode ter filho de olhos castanhos (dominante).

b) Afirmação de um casal de olhos castanhos: “Nosso bebê poderá ter olhos azuis porque o avô paterno tem olhos azuis”.

Afirmção verdadeira, desde que um dos avós maternos também transmita o alelo recessivo para a mãe.

5. Fuvest 2006 – No heredograma, estão representadas pessoas que têm uma doença determinada por um alelo mutante dominante em relação ao alelo normal.



a) Quais os genótipos do casal de primos III-7 \times III-8?

$Aa \times Aa$.

b) III-8 está grávida de uma menina. Calcule a probabilidade de que essa menina, filha de III-7 e III-8 não tenha a doença. 25%.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 CERTO CROMOSSOMO X

Nesta Situação de Aprendizagem são apresentadas atividades que buscam evidenciar os diferentes mecanismos de determinação do sexo, como em mamíferos e aves cuja determinação do sexo está relacionada

à herança do par de cromossomos sexuais. Além disso, é trabalhado o padrão de herança de características ligadas ao sexo, ou seja, cujos genes estão localizados no cromossomo X.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: cromossomos sexuais e herança ligada ao sexo.

Competências e habilidades: interpretar textos.

Estratégias: leitura de imagens; interpretação de textos.

Recursos: textos e imagens presentes neste Caderno.

Avaliação: as respostas de interpretação de textos e imagens são os melhores indicadores de avaliação desta Situação de Aprendizagem.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem 5

Na primeira parte desta Atividade, os alunos devem ler o artigo publicado na revista *Ciência Hoje*, em junho de 2005, sobre a determinação genética do sexo. Você pode iniciar a leitura coletivamente e aproveitar o momento para estabelecer uma analogia.

Pode, ainda, construir um modelo do cromossomo para utilizar com os alunos durante a leitura do texto. Para isso, represente o DNA com dois fios de barbante enrolados entre si, como uma trança.

Com caneta hidrográfica, pinte de diferentes cores trechos desse barbante, representan-

do genes. Enrole essa trança em um lápis ou em um palito de sorvete.

Faça uma leitura em conjunto com os alunos do trecho introdutório do texto “Genética ou ambiente?” e compare-o com seu modelo.

Além disso, na atividade anterior, os alunos simularam o processo meiótico. Ao longo deste texto, a meiose será citada.

Se possível, relacione com os alunos a atividade realizada com massa de modelar e o comportamento dos cromossomos durante a meiose.



Genética ou ambiente?

Mônica Bucciarelli Rodriguez

Os cromossomos – os “pacotes” que acondicionam a longa molécula do ácido desoxirribonucleico, ou DNA, no núcleo das células – foram observados ainda no século XIX, mas seu papel como responsáveis pela herança genética só veio a ser desvendado no início do século XX. Uma importante contribuição para isso foi a constatação, em 1905, de que uma característica marcante de diferentes seres vivos, como o sexo, estava associada ao cromossomo batizado como “X”. Essa e outras descobertas marcaram o início de um novo ramo da ciência – a Genética, palavra inventada, por coincidência, também nesse ano.

O início do século XX acolheu o desabrochar dos fundamentos da genética, com a redescoberta dos trabalhos sobre a hibridação de ervilhas, publicados em 1865 pelo monge austríaco Gregor Mendel (1822-1884), e a proposição da teoria de que os cromossomos seriam responsáveis pela herança genética, pelo médico norte-americano Walter Sutton (1877-1916) e pelo biólogo alemão Theodor Boveri (1862-1915). Essa teoria mostrava a relação entre o comportamento dos cromossomos no processo de formação de gametas e as leis mendelianas de herança.

A associação de uma característica marcante, como o sexo, com a presença de um determinado cromossomo foi um aliado importante na aceitação da teoria cromossômica da herança. Mas esse não foi um trajeto simples. Afinal, seria o sexo determinado geneticamente? A meta científica é estabelecer uma lei geral e universal. E esse foi um dos empecilhos para a aceitação da ideia de determinação genética do sexo. Vários pesquisadores colecionavam evidências da influência ambiental na geração de fêmeas e machos em diversos organismos. Hoje, sabe-se que, em certas espécies animais, como tartarugas, o sexo é determinado por fatores ambientais, como a temperatura.

O citologista norte-americano Clarence E. McClung (1870-1946) foi o primeiro a associar, em 1902, a herança de um cromossomo extra com a determinação do sexo masculino em insetos, embora tenha analisado apenas a formação de espermatozoides (e nunca a de óvulos). Em 1891, o citologista alemão Hermann Henking (1858-1942) havia descrito esse cromossomo extra em células que sofriam meiose para formar espermatozoides de insetos como um corpúsculo nuclear e o chamou de “núcleo de cromatina”, “elemento cromático”, “corpúsculo de cromatina” ou, simplesmente, “X”.

Henking não acreditava que o corpúsculo descrito fosse um cromossomo, devido à sua morfologia distinta, ao fato de não parear com outros cromossomos durante a meiose e de estar presente em apenas metade dos espermatozoides resultantes. Portanto, é de McClung o mérito de identificar o corpúsculo X como um cromossomo e de propor o papel desse cromossomo na determinação do sexo. Mas a hipótese de McClung previa a presença do cromossomo extra no sexo masculino, embora não houvesse qualquer evidência nesse sentido. Ele contava, talvez, com a propalada ideia da superioridade masculina – nesse caso, seria de se esperar que o macho dispusesse de maior quantidade de material genético.

A questão foi esclarecida em 1905, quando os pesquisadores norte-americanos Edmund Beecher Wilson (1859-1939) e Nettie Maria Stevens (1861-1912) publicaram, respectivamente, os artigos “Os cromossomos em relação à determinação do sexo em insetos” e “Estudos na espermatogênese com referência especial ao cromossomo acessório”.



Os dois autores, independentemente, explicaram a determinação do sexo pela presença de apenas um cromossomo X em machos e de dois cromossomos X em fêmeas. Wilson, cujo artigo já estava em processo de impressão quando recebeu o artigo de Stevens para análise, apoiou veementemente a publicação do outro trabalho. Por isso, ambos são considerados responsáveis pela teoria cromossômica de determinação de sexo.

Wilson e Stevens estabeleceram que algumas espécies têm um sistema do tipo X0 (o macho tem um cromossomo a menos que a fêmea) e outras têm um sistema do tipo XY, no qual os cromossomos sexuais são morfológicamente diferentes.

Verificou-se mais tarde, entre as aves, que a fêmea apresenta dois cromossomos sexuais diferentes (que foram chamados de ZW) e o macho tem dois cromossomos sexuais iguais (ZZ). Fica, pois, patente, que a determinação de sexo não é universal entre os seres vivos.

Em uma época em que a genética engatinhava e a citologia sofria limitações técnicas consideráveis, foram muitas as dificuldades para o completo entendimento do papel dos cromossomos sexuais. Poucos anos depois, as evidências de herança de caracteres morfológicos ligadas ao cromossomo sexual X consolidariam a teoria cromossômica da herança e da determinação de sexo.

Mas o cromossomo X continua revelando seus segredos. Na edição de 17 de março de 2005, a revista britânica *Nature*, um dos mais importantes periódicos científicos do mundo, trouxe dois artigos com os resultados do sequenciamento do cromossomo X e a determinação de seu padrão de expressão gênica em homens e mulheres. Portanto, os cromossomos sexuais ainda mantêm algo de misterioso.

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais.
Revista *Ciência Hoje*, n. 216, v. 36, jun. 2005, p. 69.

Após a leitura individual do texto, os alunos devem responder às questões em duplas.

1. Organize uma lista de todos os eventos citados no texto, em ordem cronológica.

1865 – *Publicação dos trabalhos de Gregor Mendel.*

1891 – *Hermann Henking descreve o cromossomo extra em células que sofriam meiose para formar espermatozoides de insetos.*

1902 – *Clarence E. McClung associa a herança de um cromossomo extra à determinação do sexo masculino em insetos.*

1905 – *Edmund Beecher Wilson e Nettie Maria Stevens publicam, respectivamente, os artigos “Os cromossomos em relação à determinação do sexo em insetos” e “Estudos na espermatogênese com referência especial ao cromossomo acessório”.*

2005 – *A revista britânica Nature, um dos mais importantes periódicos científicos do mundo, traz dois artigos com os resultados do sequenciamento do cromossomo X e a determinação de seu padrão de expressão gênica em homens e mulheres.*



2. De que maneira a informação “o sexo das tartarugas é determinado por fatores ambientais, como a temperatura” dificultou a aceitação da teoria cromossômica da herança?

A teoria deveria servir para explicar a determinação do sexo de todos os seres vivos. No entanto, esse exemplo mostra que a determinação do sexo pode ser ambiental e não genética, como estava sendo proposto.

3. Por qual motivo o cromossomo extra recebeu o nome de “X”?

Por ser um corpúsculo estranho, desconhecido até então, ele recebeu o nome de “X”.

4. Por quais motivos Henking não acreditava que o cromossomo X fosse um cromossomo?

Henking não acreditava que o corpúsculo descrito fosse um cromossomo devido à sua morfologia distinta, ao fato de não parear com outros cromossomos durante a meiose e de estar presente em apenas metade dos espermatozoides resultantes.

5. Qual é o sexo de um animal com os cromossomos Z e W?

São aves do sexo feminino.

6. Qual é o sexo de um animal com dois cromossomos X?

São mamíferos do sexo feminino.

7. Compare o sistema de determinação sexual ZW/ZZ com o XY/XX.

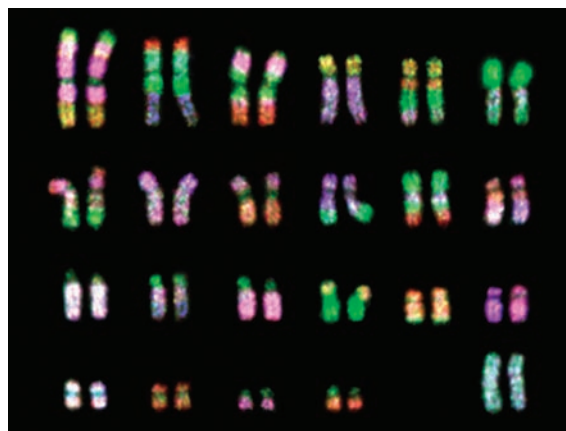
No ZW/ZZ, as fêmeas apresentam dois cromossomos sexuais distintos. No XY/XX, são os machos que apresentam dois cromossomos sexuais distintos. O ZW/ZZ é comum em aves e o XY/XX, em mamíferos.

8. Explique o título do texto.

O texto discute como é a determinação do sexo: genética (pela presença de cromossomos específicos) ou ambiental (pela temperatura, por exemplo).

Antes de lhe entregar as questões, as duplas devem se reunir formando quartetos. Esses novos grupos devem comparar suas respostas, identificando possíveis divergências.

Na aula seguinte, os alunos podem analisar um cariótipo humano. Apesar de essa figura ser bastante divulgada em livros didáticos de biologia, apresentamos a seguir um cariótipo humano.



©Dept. of Clinical Cytogenetics, Addenbrookes Hospital/SPL-Latinstock

A partir da análise da imagem, os alunos – individualmente – devem responder às questões apresentadas a seguir:



1. O cariótipo apresentado é de uma mulher ou de um homem? Justifique.

De uma mulher, pois apresenta dois cromossomos X.

2. Quantos cromossomos estão representados?

Estão representados 46 cromossomos.

3. Na figura, os cromossomos estão organizados. Qual parece ser o critério de organização dos cromossomos nessa figura?

O tamanho dos cromossomos, do maior para o menor, exceto os sexuais.

4. Qual é a origem de cada cromossomo de um par?

Um cromossomo veio do pai e o outro da mãe.

Além de corrigir as questões, a leitura dessa imagem com os alunos pode ser útil para explorar muitos outros conceitos: diferenciar autossomos e cromossomos sexuais, rela-

cionar genes, alelos e cromossomos, explicar como essa imagem é produzida etc.

Aberrações cromossômicas

Neste momento, você poderá explorar um tema que desperta a curiosidade dos alunos, as aberrações cromossômicas mais comuns, como as síndromes de Down, de Turner e Klinefelter.

Peça aos alunos que consultem livros didáticos e descrevam os diferentes tipos de aberrações cromossômicas ou síndromes cromossômicas.

Solicite que façam uma ficha com as características mais comuns dessas síndromes. É importante que eles indiquem nessa ficha as causas das alterações cromossômicas; nesse caso, falhas nos processos de divisão celular – meiose, no caso da formação dos gametas, e mitose, no caso da proliferação das células do embrião.

Nesse momento, você pode discutir o comportamento dos cromossomos durante a meiose. Com isso, os alunos podem expor suas dúvidas e reorganizar os conceitos trabalhados ao longo das aulas.

Na aula seguinte, vamos discutir os padrões de herança ligados ao sexo. Para isso, realize com os alunos a leitura de um artigo retirado do jornal *Folha de S. Paulo*.



Mulheres percebem mais cor, diz estudo

Claudio Angelo

O mundo é mais colorido para as mulheres. Literalmente: um estudo norte-americano sugere que boa parte delas enxerga mais cor do que os homens, devido a uma estranha transformação no gene envolvido na percepção da cor vermelha nas células da retina.

Ninguém sabe direito como ocorreu essa transformação. Mas o resultado de uma análise feita em 236 indivíduos pelos geneticistas Brian Verrelli e Sarah Tishkoff, da Universidade de Maryland em College Park (EUA), indica que cerca de 40% das mulheres produzem em sua retina um pigmento que absorve luz no espectro do vermelho-laranja.

Mulheres “normais” e homens produzem apenas três pigmentos: os responsáveis pela absorção do azul, do verde e do vermelho. A combinação da luz absorvida por esses três pigmentos, chamados genericamente opsinas, possibilita a visão colorida em humanos.

Os genes que trazem as receitas para fabricar as opsinas vermelha e verde estão alojados no cromossomo X, que caracteriza o sexo feminino quando ocorre em duplicata (o sexo masculino é definido quando outro cromossomo, o Y, faz par com o X).

Mulheres normais, portanto, têm duas cópias de ambos os genes. O que a dupla americana descobriu foi que em alguns casos a segunda cópia – ou “alelo”, em cientifiquês – do gene para o pigmento vermelho foi “convertida” durante a evolução da espécie.

“Devido ao fato de existirem várias mutações que permitem à opsina vermelha absorver cor na faixa do vermelho-laranja, algumas mulheres têm tanto um alelo vermelho ‘normal’ em um cromossomo do par X quanto um alelo ‘vermelho-laranja’ alterado no outro”, diz Verrelli, hoje na Universidade do Estado do Arizona. “Essas mulheres podem distinguir melhor as cores na faixa do espectro que vai do vermelho ao laranja”, afirmou o pesquisador. [...]

Folha de S. Paulo, 13 jul. 2004. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u12157.shtml>>.

Acesso em: 26 jan. 2009.

Após a leitura do(s) texto(s), os alunos devem responder às questões em duplas:

1. Todas as mulheres conseguem enxergar o vermelho-laranja descrito no texto?

Não, a maior parte das mulheres apresenta dois alelos iguais para o vermelho comum.

2. Homens podem possuir o alelo que permite a percepção do vermelho-laranja?

Sim, mas apenas uma versão desse alelo.

3. Explique como se origina o alelo vermelho-laranja.



O alelo vermelho-laranja é uma variação do alelo que codifica para o pigmento responsável pela absorção do vermelho. Essa variação origina-se por mutação, ou seja, uma alteração no DNA.

4. Com base no texto, comente a afirmação: “Apenas 40% das mulheres percebem a cor laranja”.

A frase está incorreta, pois o texto afirma que 40% das mulheres apresentam um pigmento a mais que lhes permite distinguir melhor as cores na faixa do espectro que vai do vermelho ao laranja. Mulheres que não apresentam a mutação discutida no texto enxergam a cor laranja pela combinação da luz absorvida pelos três outros pigmentos que absorvem o verde, o azul e o vermelho.

O artigo trata de genes presentes no cromossomo X. Tais genes apresentam um padrão de herança denominado de herança ligada ao sexo. Há outras características que também apresentam esse padrão de herança. Entre elas, o daltonismo, a hemofilia e a distrofia muscular.

Você poderá utilizar o heredograma da família Brasil, da Situação de Aprendizagem 4, para trabalhar a herança dessas características. A seguir, exemplificamos algumas situações possíveis de serem trabalhadas com os alunos:

1. O daltonismo é uma incapacidade de diferenciar algumas cores determinada por

um alelo recessivo em relação a um alelo que determina visão normal. Supondo que João apresente o alelo causador do daltonismo em seu cromossomo X e Maria apresente dois alelos normais, qual seria a chance de seus filhos homens herdarem essa característica?

Nenhuma, pois eles herdariam o cromossomo Y do pai. Os cromossomos X de cada um deles seriam provenientes da mãe.

2. A hemofilia é uma doença que se caracteriza pelo retardo no processo de coagulação do sangue. A hemofilia do tipo mais comum é causada pela incapacidade de a pessoa produzir a proteína fator VIII de coagulação sanguínea, cujo locus gênico está no cromossomo X. Proponha aos alunos, por exemplo, que José é hemofílico, apresentando incapacidade de coagulação sanguínea. O alelo causador da hemofilia que ele possui foi herdado de seu pai ou de sua mãe?

Da sua mãe.

Ao concluir que Maria é a origem do alelo para hemofilia presente em José, questione os alunos a respeito do fato de Maria não ser hemofílica.

Nesse caso, espera-se que concluam que Maria apresenta dois alelos, um normal e outro alterado, que provoca a doença na mulher apenas quando está em homozigose.



3. Qual é a chance de José ter passado o alelo para hemofilia para seu filho Carlos? E para Beatriz?

Carlos -

Nula, pois ele envia o cromossomo Y.

Beatriz -

100%, pois ele envia o cromossomo X.

4. Beatriz pode ser hemofílica?

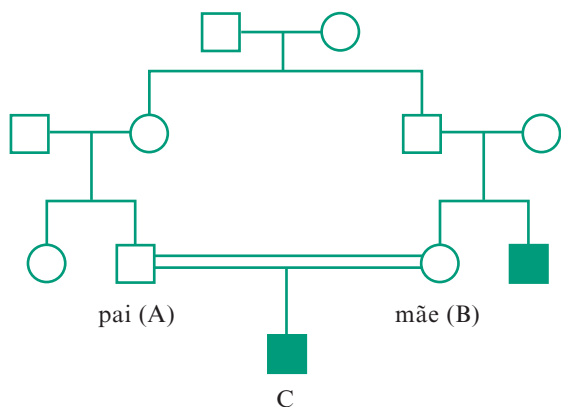
Só se recebeu outro cromossomo X com esse alelo de sua mãe.

5. Outro exemplo interessante de ser tratado com os alunos é a hipertricose auricular, caracterizada pela presença de pelos longos e abundantes na orelha. O gene relacionado a essa característica está no cromossomo Y. Se João apresenta a versão causadora da hipertricose auricular, quem na família Brasil teria pelos longos e abundantes nas orelhas?

Pedro, Paulo, José, Rafael e Carlos. Apenas os homens descendentes de João.

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

1. Fuvest 2005 – No heredograma, os quadradinhos cheios representam meninos afetados por uma doença genética. Se a doença for condicionada por um par de alelos recessivos localizados em cromossomos autossômicos, as probabilidades de o pai (A) e de a mãe (B) do menino (C) serem portadores desse alelo são, respectivamente, (I) e (II). Caso a anomalia seja condicionada por um

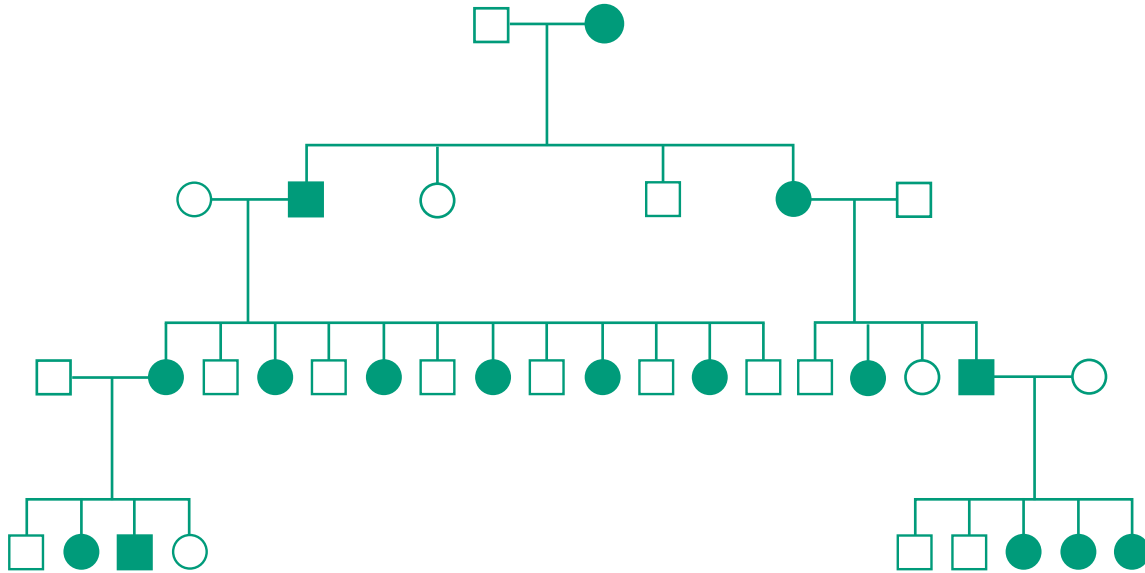


alelo recessivo ligado ao cromossomo X, num segmento sem correspondência com o cromossomo Y, as probabilidades de o pai e de a mãe serem portadores desse alelo são, respectivamente, (III) e (IV).

Assinale a alternativa que mostra as porcentagens que preenchem corretamente os espaços I, II, III e IV.

	I	II	III	IV
a)	50%	50%	100%	0%
b)	100%	100%	100%	0%
c)	100%	100%	0%	100%
d)	50%	50%	0%	100%
e)	100%	100%	50%	50%

2. Fuvest 1997 – Na genealogia a seguir, os símbolos cheios representam pessoas afetadas por uma doença genética rara.



O padrão de herança que melhor explica o heredograma é:

- a) autossômico dominante, porque a doença afeta os dois sexos.
- b) autossômico dominante, porque a doença aparece em todas as gerações.
- c) autossômico dominante, porque aproximadamente 50% da prole é afetada.
- d) dominante ligado ao sexo, porque todas as filhas de homens afetados são afetadas.**
- e) recessivo ligado ao sexo, porque não há transmissão de homem para homem.

3. Na espécie humana, a determinação do sexo é cromossômica no sistema XX-XY.

- a) Nesse sistema de determinação, quem determina o sexo da prole?

O pai, pois os homens podem produzir dois tipos de espermatozoides: os portadores de X, que dão origem a meninas, e os portadores de Y, a meninos. A mãe produz gametas iguais, portadores do cromossomo X.

- b) Explique por que crianças hemofílicas nunca herdam essa característica do pai.

O gene da hemofilia é ligado ao cromossomo X, que um homem herda de sua mãe. Filhos homens herdam do pai o cromossomo sexual Y.



4. O daltonismo é uma característica recessiva ligada ao cromossomo X, que se manifesta como a incapacidade de enxergar as cores verde e/ou vermelha. Um homem daltônico casou-se com uma mulher de visão normal, em cuja família não havia casos de daltonismo. Esse casal teve dois filhos: Pedro e Ana.

- a) Qual a probabilidade de Pedro ter herdado do pai o gene para daltonismo? Qual a probabilidade de Ana ter herdado do pai o gene para daltonismo?

A probabilidade de Pedro ter herdado do pai o gene para daltonismo é zero, porque ele recebe do pai o cromossomo Y. Para Ana é 100%, porque ela recebe o cromossomo X^d do pai que é daltônico (X^dY).

- b) Por que é mais frequente encontrar homens daltônicos do que mulheres daltônicas?

O homem, sendo homozigoto, é daltônico quando apresenta o genótipo X^dY . Sendo homozigota, a mulher daltônica possui genótipo X^dX^d . Para ter a anomalia, a mulher precisa de dois alelos e o homem de apenas um.

PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

O material apresentado a seguir pode ser utilizado como Proposta de Situação de Recuperação. A partir dele, podemos fazer inúmeras discussões sobre as ideias de Mendel.

Era uma vez um jardim de ervilhas: entenda as experiências de Mendel para descobrir os segredos da hereditariedade

Sarita Coelho

O sino bateu às três horas da tarde. A missa tinha acabado. Todos os monges foram descansar em seus aposentos, menos Mendel. Ele foi direto ao jardim para voltar a seus experimentos. Fazia muito frio naquele monastério em Brunn, na Áustria, mas isso não impedia Mendel de estudar suas plantas. Esse monge muito sabido cultivava diversos tipos de ervilhas em seu jardim.

As ervilhas eram separadas por famílias. Cada família tinha nascido de uma semente diferente e por isso possuía características distintas. Uma família era de ervilhas amarelas; outra, de ervilhas verdes; a sua forma podia ser lisa ou rugosa. Por seis gerações, cada família havia conservado sua característica, isto é: a primeira semente da família de ervilhas amarelas só teve filhos, netos e bisnetos amarelos; a semente verde, só descendentes verdes... E assim por diante. Isto porque as plantas de ervilhas têm a capacidade de se reproduzir independentemente de qualquer parceiro.

Mendel, que havia percebido que as características mencionadas e outras passavam de geração para geração e, portanto, eram hereditárias, queria descobrir o que aconteceria se ele misturasse as famílias de ervilhas. “Se eu promover o casamento da ervilha amarela com a ervilha anã, que característica será que seus filhos terão?”, deve ter pensado enquanto caminhava entre as plantas.

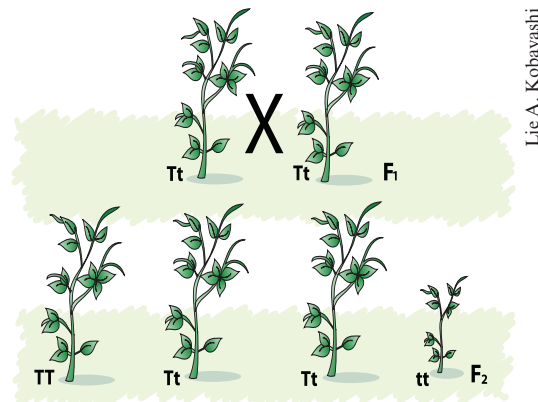


Para não ficar na dúvida, Mendel começou a fazer o cruzamento entre as famílias. A primeira tarefa era abrir a parte interna da flor onde se forma a ervilha para encontrar seus órgãos reprodutores. Esse trabalho era muito delicado e ele precisava do auxílio de uma pinça. Ao abrir essa parte da planta, o monge observou alguns filamentos semelhantes a antenas – eram os órgãos masculinos! No topo dessas antenas ficava o pólen, as células reprodutoras masculinas das ervilhas. O fato de ficarem isoladas do meio exterior impedia o que, agora, Mendel iria realizar.

Com a pinça, Mendel pegou o pólen das plantas da família de ervilhas verdes e o depositou nos órgãos femininos das plantas de ervilhas amarelas, denominados pistilos. O pólen viajou por esse órgão até chegar à parte mais interna da flor, onde o ovário o esperava. Com isso, o cruzamento estava pronto. O padre repetiu a experiência com todas as plantas de todas as famílias até que conseguiu descobrir os segredos da hereditariedade, depois de sete anos.

Certo de que havia feito uma grande descoberta, Mendel mandou seu trabalho para as bibliotecas e para os maiores especialistas em hereditariedade da época. Mas não teve reconhecimento... Ele passou a vida inteira esperando que alguém entendesse o que estava dizendo, mas isso só foi acontecer 16 anos depois de sua morte, em 1884.

O diagrama representa o resultado de um experimento no qual Mendel cruzava ervilhas e analisava as características das gerações seguintes.



Lie A. Kobayashi

Ciência Hoje das Crianças, 4 abr. 2002. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/2165>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

1. Alguns conceitos aparecem “disfarçados” no texto, ou seja, a definição desses conceitos não está em destaque. Sua tarefa é localizar essas informações no texto. Se precisar, utilize livros didáticos sobre Genética. Transcreva trechos do texto para responder às seguintes questões:

a) O que é uma planta pura utilizada por Mendel em seus experimentos?

“Por seis gerações, cada família havia conservado sua característica, isto é: a primeira semente da família de ervilhas amarelas só

teve filhos, netos e bisnetos amarelos; a semente verde, só descendentes verdes...”

b) O que são características hereditárias?

“Mendel, que havia percebido que as características mencionadas e outras passavam de geração para geração e, portanto, eram hereditárias...”

c) Em que estrutura da planta masculina estavam as informações genéticas que passaram para a geração seguinte? E da planta feminina?

“O pólen viajou por esse órgão até chegar à parte mais interna da flor, onde o ovário o esperava. Com isso, o cruzamento estava pronto.”

2. O esquema apresentado no texto representa uma parte dos trabalhos de Mendel. Com base nele, responda:

a) Qual é a característica estudada?

A posição da flor no caule.

b) Qual é o significado de F1 e F2?

As gerações estudadas: F2, por exemplo, são filhotes de F1.

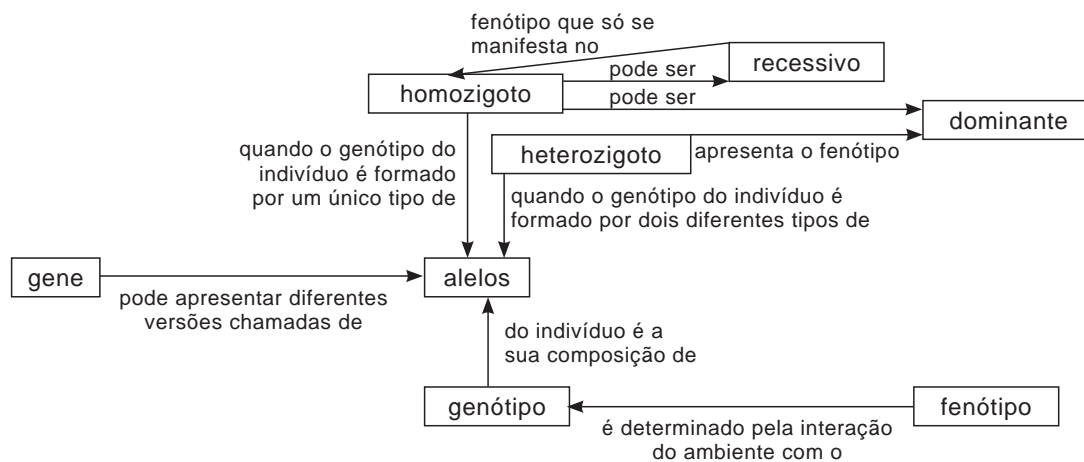
c) Como são as plantas que geraram os híbridos de F1?

São plantas puras com flores axiais e plantas puras com flores terminais.

d) O que significa a letra *A* ou *a*?

No caso, A é o alelo dominante que determina o fenótipo flores axiais; a é o alelo recessivo que, em homozigose, resulta em plantas com flores terminais.

3. Elabore um texto explicando os conceitos apresentados no mapa a seguir. Em seu texto, utilize exemplos presentes no texto sobre Mendel.



Uma característica como a posição das flores no caule pode ser determinada por um gene. Esse gene pode apresentar diferentes versões, chamadas alelos. Esses alelos são passados de uma geração para outra por meio dos gametas. Nas ervilhas, o pólen é o gameta masculino que fecunda o gameta feminino da planta. Quando os alelos do filho são idênticos, dizemos que ele é homozigoto. Quando seus alelos são diferentes, dizemos

que ele é heterozigoto. O fenótipo do heterozigoto é chamado de dominante. Por exemplo, uma planta com alelos A e a tem o genótipo heterozigoto e o fenótipo flores axiais. Esse fenótipo com flores axiais é dominante sobre o fenótipo recessivo com flores terminais. Para uma planta produzir flores terminais, ela deve apresentar o genótipo homozigoto com apenas alelos recessivos a.

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

Artigo

SHIMOMURA, Y. et al. Disruption of P2RY5, an orphan G protein-coupled receptor, underlies autosomal recessive woolly hair. In: *Nature Genetics*, v. 40, n. 3, mar. 2008. Nature Publishing Group (NGP).

Neste artigo, os autores relatam que a genética da determinação da estrutura do cabelo ainda é desconhecida.

O periódico de divulgação científica apresenta avanços recentes da Genética.

Micro & Gene. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/microgene>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

O *site* apresenta atividades relacionadas aos conteúdos de Genética. Além de materiais virtuais, *kits* podem ser emprestados.

Instituto Ciência Hoje. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/cienciahoje>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

O *site* de divulgação científica apresenta avanços recentes da Genética e os trabalhos de Mendel.

Genética Online. Disponível em: <<http://www.virtual.epm.br/cursos/genetica/genetica.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

É um *site* da Unifesp (Universidade Federal Paulista) no qual estão disponíveis informações, esquemas e animações sobre genética humana.

Rede Interativa Virtual de Educação (Rived). Disponível em: <http://www.rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php>. Acesso em: 26 jan. 2009. O Rived é um programa da Secretaria de Educação a Distância (SEED) que produz e disponibiliza conteúdos pedagógicos digitais, na forma de objetos de aprendizagem.

Livros

HENIG, Robin Marantz. *O monge no jardim*. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

O livro detalha a construção das ideias de Gregor Mendel.

GONICK, Larry; WHEELIS, Mark. *Introdução ilustrada à Genética*. São Paulo: Harbra, 1995.

Por meio de ilustrações divertidas, o livro faz uma explanação dos principais conceitos da Genética.

Sites

Ciência Hoje das Crianças. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/material/view/2616>>. Acesso em: 26 jan. 2009.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Você acabou de conhecer uma série de atividades que priorizam o trabalho das capacidades leitoras associadas ao estudo de conteúdos específicos de Biologia. Elas valorizam o trabalho prático, bem como a resolução de problemas. Desta forma, o cotidiano das aulas de Biologia torna-se mais interessante ao estudante, pois estimula sua criatividade, sua iniciativa à superação de desafios e aproxima seu trabalho daquele realizado pelos cientistas.

Professor, por serem atividades práticas, você avaliar a necessidade de sistematizações do conteúdo. Este trabalho pode ser realizado com aulas expositivas, sendo que a quantidade

dessas aulas e os momentos em que acontecerão dependerão do seu planejamento bimestral e das particularidades da sua turma.

Este material possibilita que você ofereça um repertório diversificado de atividades a seus alunos, exigindo que eles desempenhem um papel tão ativo quanto o seu no processo de construção dos conhecimentos. Com os recursos didáticos e metodológicos aqui sugeridos, você poderá promover uma educação mais dialogada e aumentar consideravelmente as possibilidades de aprendizagem dos alunos a respeito dos fundamentos herança biológica.

Bons trabalhos!

