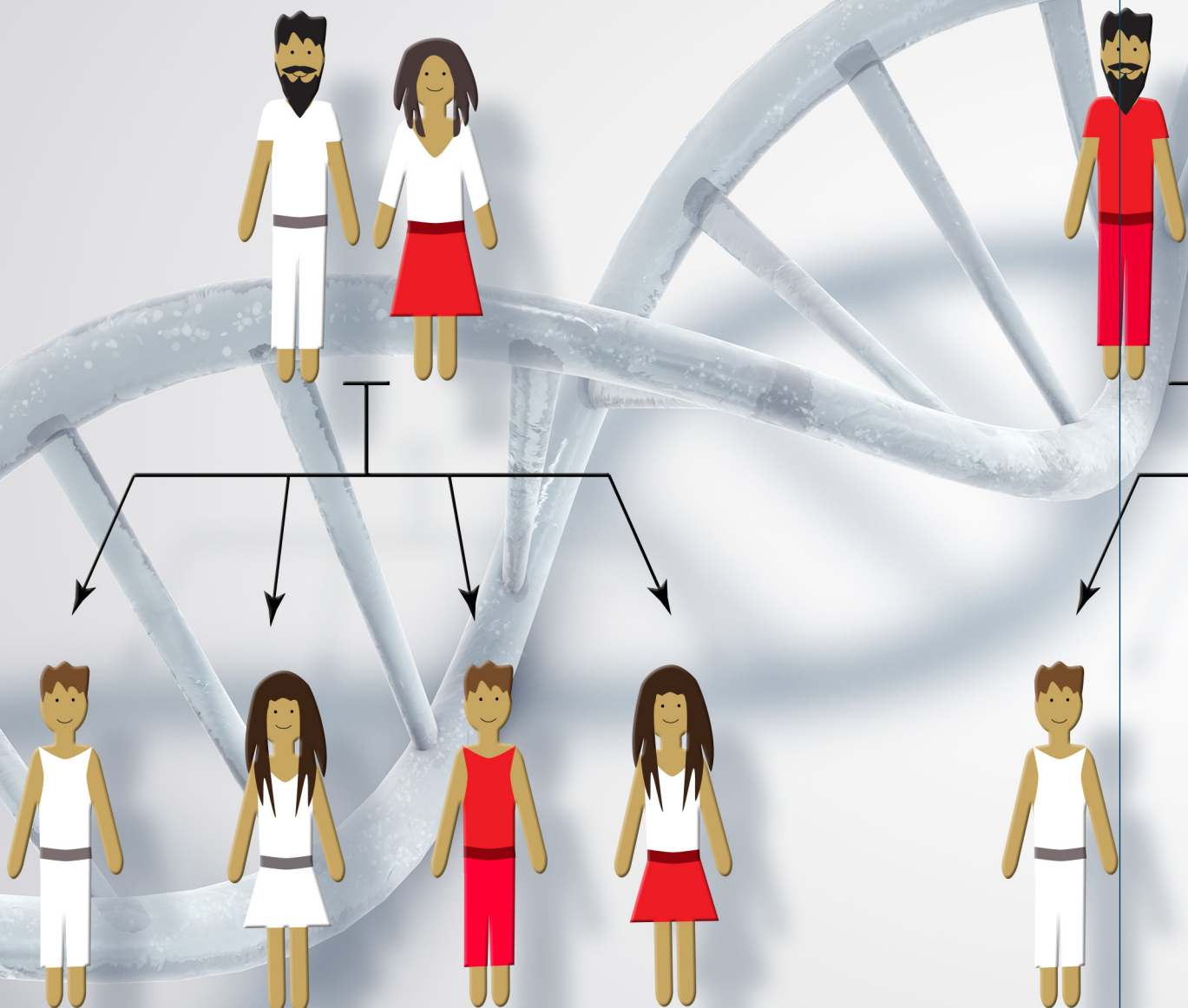


Material didático para o ensino inclusivo de herança genética



Simone José Maciel da Rocha¹, Edson Pereira da Silva²

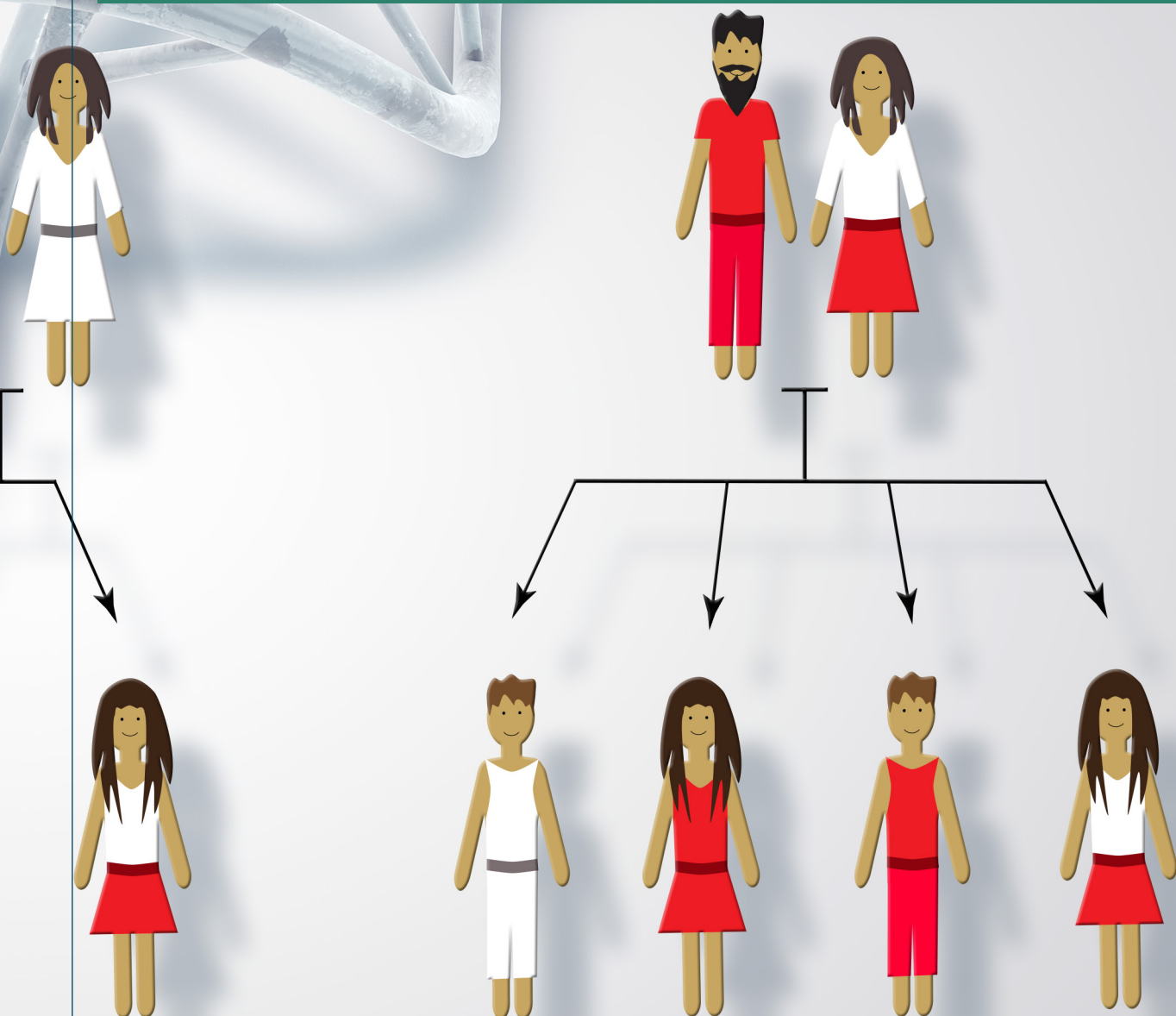
¹ Mestrado Profissional em Diversidade e Inclusão, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense

² Laboratório de Genética Marinha e Evolução, Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ

Autor para correspondência - gmedson@vm.uff.br

Palavras-chave: material didático, ensino de genética, ensino de deficientes visuais

O material didático apresentado é um *kit* elaborado na perspectiva de ensino inclusivo para introdução de conceitos básicos sobre herança genética, que pode ser aplicado em turmas mistas (com alunos deficientes visuais incluídos), uma vez que foi construído seguindo um desenho universal. Este material foi validado com um grupo de alunos universitários videntes e um professor cego. Posteriormente, foi experimentado com turma mista. Os resultados obtidos indicam que o material está adequado aos objetivos para os quais foi projetado e desenvolvido.



PERSPECTIVA INCLUSIVA

As imagens têm presença de destaque nos livros de Biologia, sendo recursos regularmente utilizados por professores e alunos no processo ensino-aprendizagem. Contudo, se não há dúvidas da função didática que as imagens exercem, Batista (2005) chama atenção para sua utilização generalizada que pode levar a pelo menos dois erros: restringir os processos mentais superiores envolvidos na compreensão de conceitos visuais e subestimar o valor de informações sequenciais.

Em um momento em que novas políticas de inclusão escolar têm favorecido a formação de turmas mistas, nas quais aprendem juntos alunos com e sem deficiência visual, é importante pensar o papel das imagens no processo ensino-aprendizagem, uma vez que, no caso dos cegos, elas podem se tornar um grande obstáculo, problema que não passa despercebido para os educadores que têm que lidar com esta situação.

No caso específico do ensino de Genética é interessante perceber a ênfase dada à representação visual de objetos que têm natureza racional. A Genética é uma ciência abstrata, na qual muitos dos objetos são construções hipotéticas. Um exemplo clássico disso são os objetos que deram origem a ela: os fatores hereditários, objetos construídos racionalmente para dar sentido a uma explicação sobre a herança biológica.

OS FATORES HEREDITÁRIOS DE MENDEL

Gregor Johann Mendel (1822-1884) foi o responsável pela elaboração do modelo explicativo sobre o fenômeno da herança biológica que é base da Genética clássica. Este trabalho, intitulado *Experimentos com Plantas Híbridas*, foi publicado em 1866. Para entender o fenômeno da transmissão das características entre os seres vivos, Mendel lançou mão de um fazer científico no qual o “ver” não era condição para o “compreender”. Tanto assim que assumiu que as características seriam transmitidas e determinadas por um par de fatores hereditários que, então desconhecidos, não tinham, portanto, existência material.

A criação do modelo mendeliano de herança evidencia o quanto a atividade científica depende de formulações teóricas/racionais. Ao longo do seu experimento, realizado no jardim do monastério no qual trabalhava e onde cultivou pés de ervilhas-de-cheiro (*Pisum sativum*), Mendel descreveu o fenômeno da herança como sendo devido a partículas imiscíveis, os “fatores” hereditários. Desta forma, ele rompia com antigas concepções de herança, particularmente com a pangênese, uma teoria que tentava explicar a hereditariedade a partir de gêmulas (pequenas partes dos seres vivos) que seriam produzidas nas diferentes partes do corpo e circulariam (provavelmente pelo sangue) até se acomodarem nos órgãos reprodutivos. Durante a reprodução, o conjunto de gêmulas dos progenitores se associaria de modo a iniciar a formação de um novo indivíduo. Deste modo era explicada a semelhança entre descendentes e parentais.

Uma característica notável da teoria da pangênese era a ideia de mistura com a qual o modelo mendeliano de herança rompia completamente. Contudo, mais importante ainda, para o argumento que está se desenvolvendo aqui, era o fato de que, seja na pangênese, seja no modelo mendeliano de herança, a percepção visual estava ausente das explicações. Os objetos eram objetos abstratos e racionais. O *kit* apresentado a seguir procura se pautar neste caráter racional e abstrato dos objetos da Genética.

O KIT

O material didático é composto por três itens distintos: *Kit 01*, *Kit 02* e relatório de atividades. Cada *kit* possui material próprio devendo ser usado em momentos específicos, de acordo com as orientações presentes no relatório que os acompanha. Foram montados artesanalmente, utilizando material de baixo custo de fabricação e identificados com numeração ordinal em etil vinil acetato (EVA) e em escrita Braille (uso de mini adesivos de *strass*). O relatório de atividade tem o objetivo de conduzir os alunos ao longo de toda a atividade. Nele são propostos experimentos e questões que têm a função de estimular o pensamento.

Strass são pedrinhas ou cristais aplicados em roupas e acessórios.

Para a montagem do *Kit 01* (Figura 1) foram utilizados:

- ♦ 1 cubo de espuma revestido com tecido não tecido (TNT) preto
- ♦ 1 cubo de isopor revestido com papel *contact* preto
- ♦ 1 bola de formato liso
- ♦ 1 bola de formato irregular (com cravos)
- ♦ 4 círculos de EVA com diferentes diâmetros
- ♦ 4 retângulos de EVA com diferentes tamanhos
- ♦ 4 mangueiras com diferentes diâmetros



Figura 1.
Componentes do *Kit 01*.

Para a montagem do *Kit 02* (Figura 2) foram utilizados:

- ♦ 1 cubo de espuma revestido com TNT preto
- ♦ 1 cubo de isopor revestido com papel *contact* preto
- ♦ 4 cubos de madeira pequenos
- ♦ 4 cubos de espuma
- ♦ 4 contas de acrílico
- ♦ 4 contas metálicas
- ♦ 1 bola de formato liso
- ♦ 1 bola de formato irregular (com cravos)



Figura 2.
Componentes do *Kit 02*.

Objetivo

Construção coletiva de conceitos como características discretas e contínuas, fatores hereditários, cruzamentos, união ao acaso, fenótipo, genótipo, homozigose, heterozigose, dominância e recessividade.

Público-alvo

Turmas mistas (incluindo alunos cegos e videntes) do ensino médio.

Atividade

A atividade consiste em dividir a turma em pequenos grupos, com no máximo cinco alunos, para que eles possam interagir, dialogar e realizar os experimentos propostos. Cada grupo deve receber os dois kits e o roteiro da atividade que poderá ser desenvolvida em dois momentos.

Momento 1 (45 minutos): Definindo os conceitos básicos do modelo mendeliano de herança.

Cada grupo receberá os kits e o roteiro das atividades a serem realizadas. Os resultados de todas as atividades devem ser registrados conforme as indicações do roteiro.

Momento 2 (45 minutos): Apresentação e discussão dos resultados.

Cada grupo elegerá um representante para apresentar os resultados da atividade para toda a turma, a fim de proporcionar uma

discussão sobre os procedimentos realizados e as conclusões alcançadas. Cabe ao professor conduzir o segundo momento, promovendo a troca das experiências vividas por cada grupo e a sistematização dos resultados obtidos.

Roteiro

Abaixo segue o roteiro que acompanha o kit, especificando todas as atividades que devem ser desenvolvidas pelos alunos.

1. Características discretas e contínuas

As características presentes nos seres vivos podem ser classificadas como discretas e contínuas. As características discretas possuem classes muito distintas, do tipo “isto” ou “aquilo”, como por exemplo, lobo da orelha solto e colado, capacidade de dobrar a língua (algumas pessoas conseguem e outras não). São geralmente determinadas por poucos genes que sofrem pouca influência do ambiente. Já as características contínuas possuem um grande número de classes, incluindo muitos intermediários, como por exemplo, o peso e a altura. Neste caso, vários genes controlam a variação e há uma forte influência do ambiente sobre eles.

- A) Utilizando os objetos presentes em seu Kit 01, formar um grupo que contenha características discretas e outro com características contínuas. Justifique sua escolha.



Características discretas	Características contínuas

2. “Filho de peixe, peixinho é!”

Na expressão popular acima está contida a ideia de hereditariedade. Contudo, nela não há o relato de como as características do peixe pai (ou mãe) passam para o peixe filho (ou filha). Como os filhos herdam as características dos seus ancestrais? Como as características atravessam as gerações? A noção de que os gametas estejam diretamente envolvidos neste processo vem desde o século XVII,

mas a teoria explicativa do processo data do século XIX.

- B) Pensar um pouco a respeito e responder: como os gametas transportam as características de uma geração à outra?

3. “Quem vê cara não vê coração!”

Deduzindo-se que as características não estão nos gametas, na mesma forma que as observamos, então, assume-se a existência

de fatores hereditários. Logo, existem as características observáveis e os fatores que as determinam. Esta é a noção de fenótipo (aquilo que observamos) e genótipo (os fatores que vão dar origem àquilo que observamos).

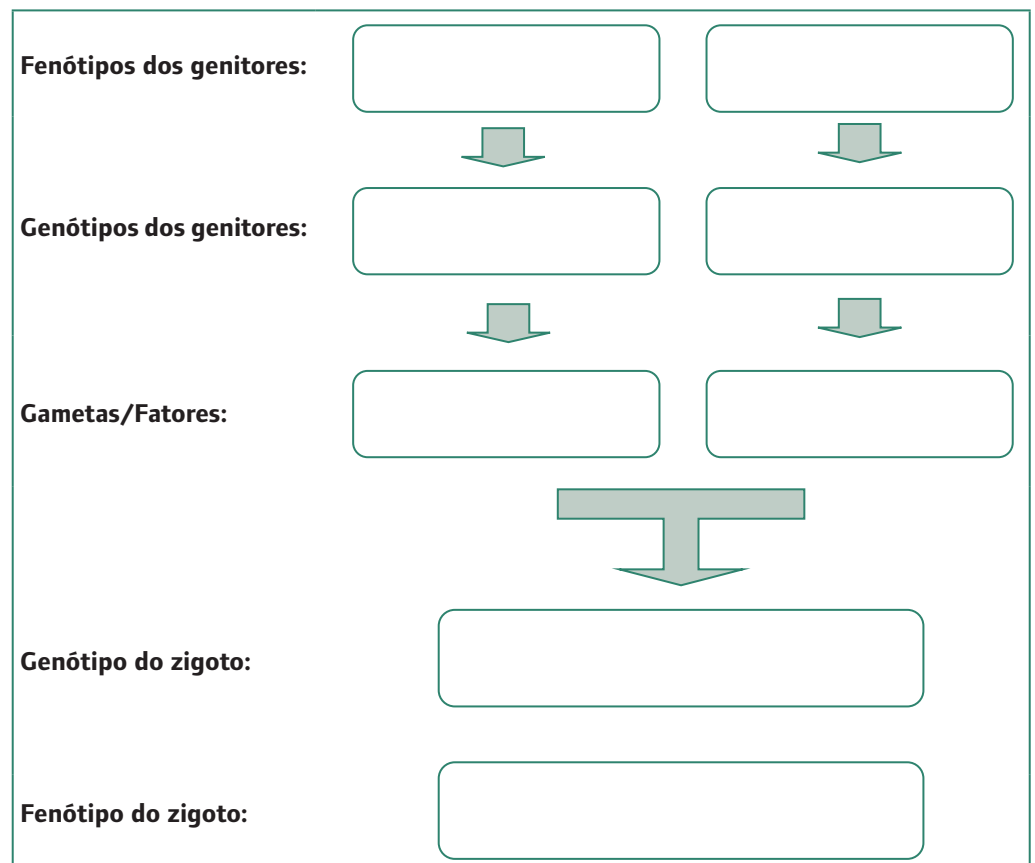
C) Utilizando os objetos presentes no *Kit 02*, escolher aqueles que possam representar fenótipos e aqueles que possam representar os seus respectivos genótipos. Criar relações biunívocas (1:1) entre eles.

Fenótipos	Genótipos

D) Com a fecundação, os fatores hereditários, presentes nos gametas dos genitores, passam a ficar no zigoto e, a partir do desenvolvimento, podem expressar uma determinada característica no descendente. Para investigar a herança de uma determinada característica, simular um cruzamento. Como é que se pode simular um cruzamento? Como é que os gametas vão se juntar? Semelhantes se atraem ou se repelem? Ou nada disso

e muito pelo contrário? Discutir como devem se dar estes cruzamentos, a união dos gametas e os fatores destes gametas no zigoto.

E) Simular, utilizando as informações definidas pelo grupo na questão anterior, o cruzamento entre gametas com fatores diferentes (utilizar para isto os objetos do *Kit 02*) e descrever o genótipo presente no zigoto e a característica que será expressa.

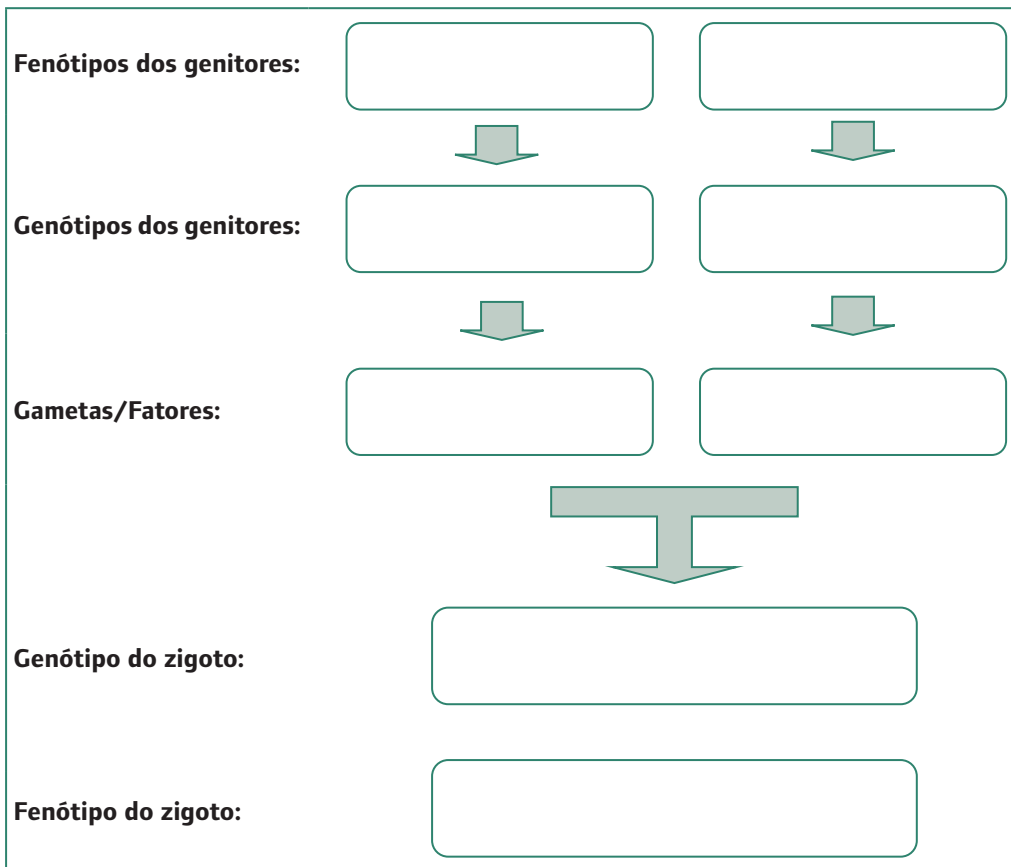


4. “Um é pouco, dois é bom, três é demais!”

Possivelmente pode-se encontrar muita dificuldade em explicar a herança na atividade anterior, devido, provavelmente, ao fato de que um detalhe importante pode ter passado despercebido: os fatores hereditários não se ligam biunivocamente com seus fenótipos. Na verdade, para determinação de um fenótipo são necessários dois fatores hereditários. Assim, existem os fenótipos (aquilo que observamos), os fatores hereditários (que são

unidades) e os genótipos (neste caso, sempre duplos, compostos de dois fatores hereditários e que vão dar origem àquilo que observamos).

F) Se na questão anterior não foi assumido que os fatores hereditários eram duplos, repetir a operação da questão “E”, agora sabendo que um fenótipo será expresso por um par de fatores e que, cada gameta transporta um fator e, o zigoto resultante da fecundação, dois, ou seja, um genótipo.



5. “Nem tudo que parece ser, é”

Outra dificuldade que pode aparecer: é possível a obtenção de três categorias de genótipos e, no entanto, apenas duas categorias de fenótipos. Toda vez que um genótipo tem fatores (ou genes ou alelos) iguais, dizemos que este genótipo é homocigoto (homo= igual). Se os fatores (ou genes ou alelos) são diferentes, dizemos que este genótipo é heterocigoto (hetero= diferente). Assim, pode-se perceber que, nem sempre a “cara de um é o focinho do outro”.

G) Pensar uma explicação que pode ser usada para contornar a dificuldade de que todo genótipo determina um fenótipo, mas o número de genótipos é maior do que o de fenótipos.

6. “Manda quem pode obedece quem tem juízo”

Durante as discussões é possível que se mencione o fato de que um fator hereditário (ou gene ou alelo) impeça a expressão fenotípica do outro, já que no caso de ge-

nótipos heterozigotos, apenas um dos fatores está determinando o fenótipo. Nesta relação de dominância, os fatores que não se expressam são chamados recessivos, pois só se expressam fenotipicamente quando estão em dose dupla (homozigose). Os fatores dominantes têm expressão fenotípica tanto em dose dupla quanto em dose simples (heterozigose).

RESPOSTAS

Certamente as questões formuladas pelo roteiro não precisam ter respostas fechadas

e únicas, podendo variar tanto entre turmas quanto entre grupos dentro da mesma turma. A diversidade de respostas possíveis revela apenas mais uma característica da atividade de modelagem dos fenômenos naturais: a criatividade. Contudo, para facilitar a mediação é importante que o professor possa contar com alguma referência de respostas possíveis (ou mais prováveis ou mais óbvias). Neste sentido, a seguir são apresentadas respostas que podem servir de referência à atividade do professor.

A) Características discretas e contínuas

Características discretas	Características contínuas
<ul style="list-style-type: none"> • Cubo macio x cubo rígido • Bola lisa x bola com cravos 	<ul style="list-style-type: none"> • Círculos de EVA com diâmetros diferentes • Borrachas de 1/4", 1/2", 3/4" e 1" • Retângulos de EVA com tamanhos diferentes

B) “Filho de peixe, peixinho é!”

Devem existir “elementos” ou “fatores” nos gametas capazes de transportar as informações necessárias para que as características apare-

çam nos indivíduos da próxima geração ou seja, “elementos” ou “fatores” que transmitem as características dos pais aos descendentes.

C) “Quem vê cara não vê coração!”

Fenótipos	Genótipos
cubo macio	espuma quadrada
cubo rígido	madeira quadrada
bola lisa	conta lisa
bola com cravo	conta rugosa

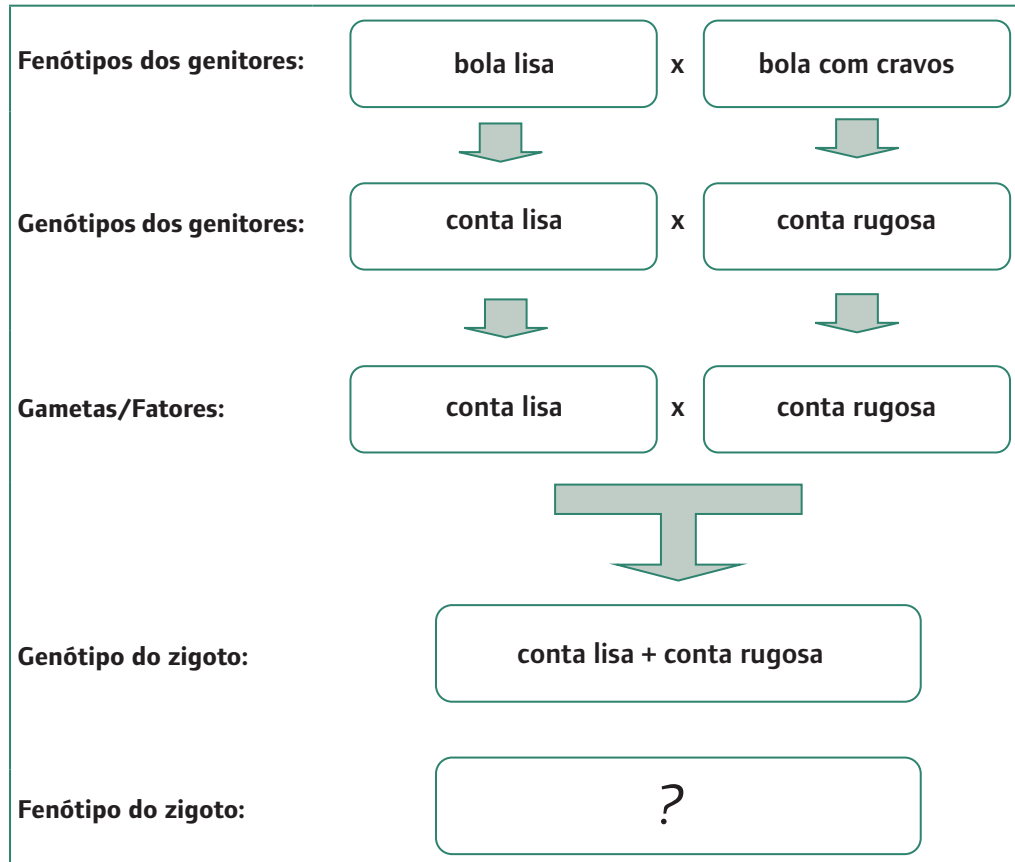
D) Como devem se dar os cruzamentos?

Unindo ao acaso os “elementos” ou “fatores” hereditários, ou seja, os gametas são representados pelos “elementos” ou “fatores” here-

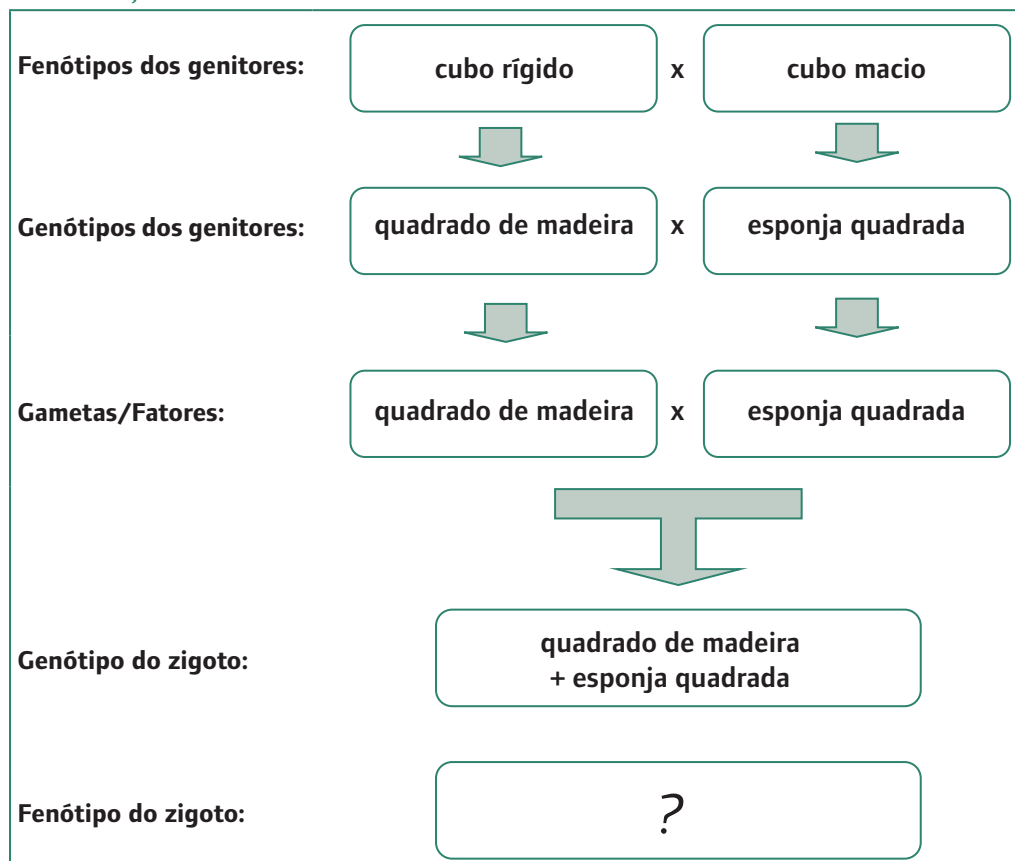
ditários que devem se unir ao acaso formando um zigoto que é representado por um par de “elementos” ou “fatores” hereditários. Não existe atração ou repulsão, a união é ao acaso.

E) Alternativas de simulação com apenas um fator hereditário

SIMULAÇÃO 01

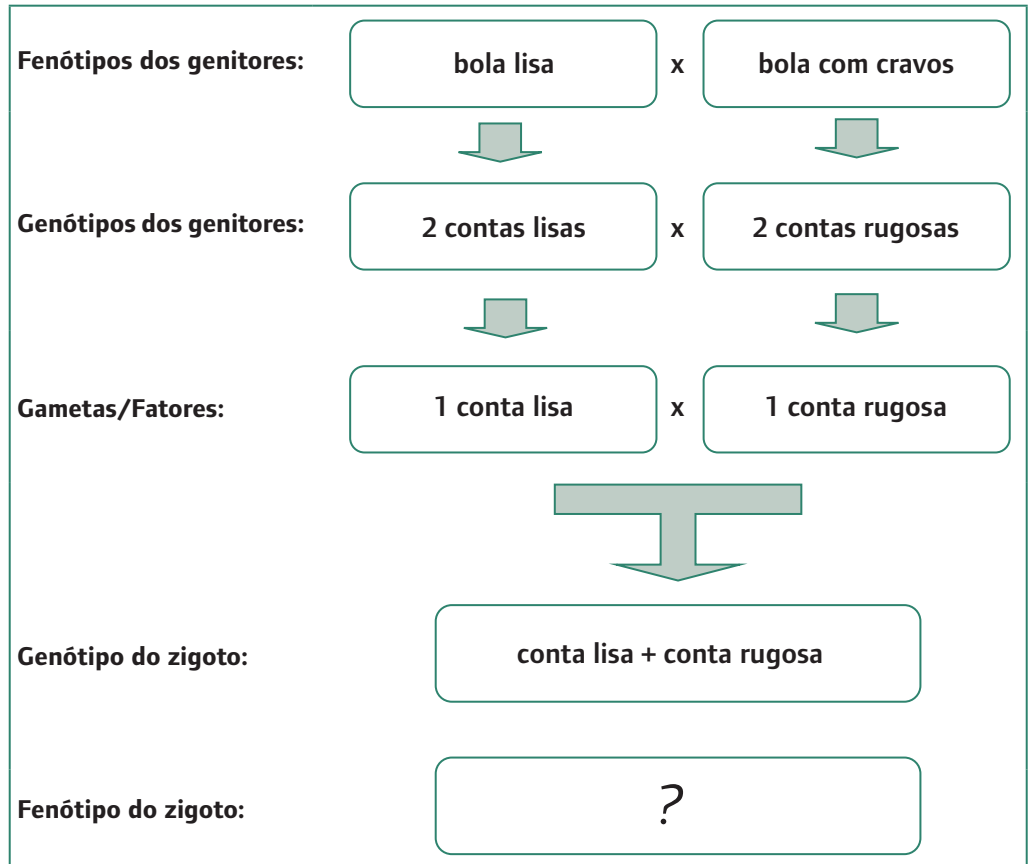


SIMULAÇÃO 02

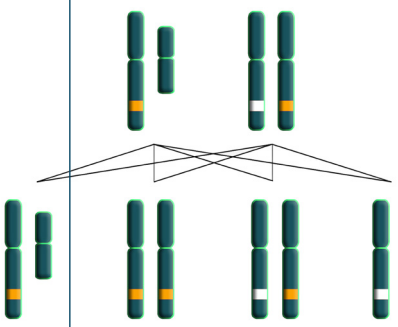
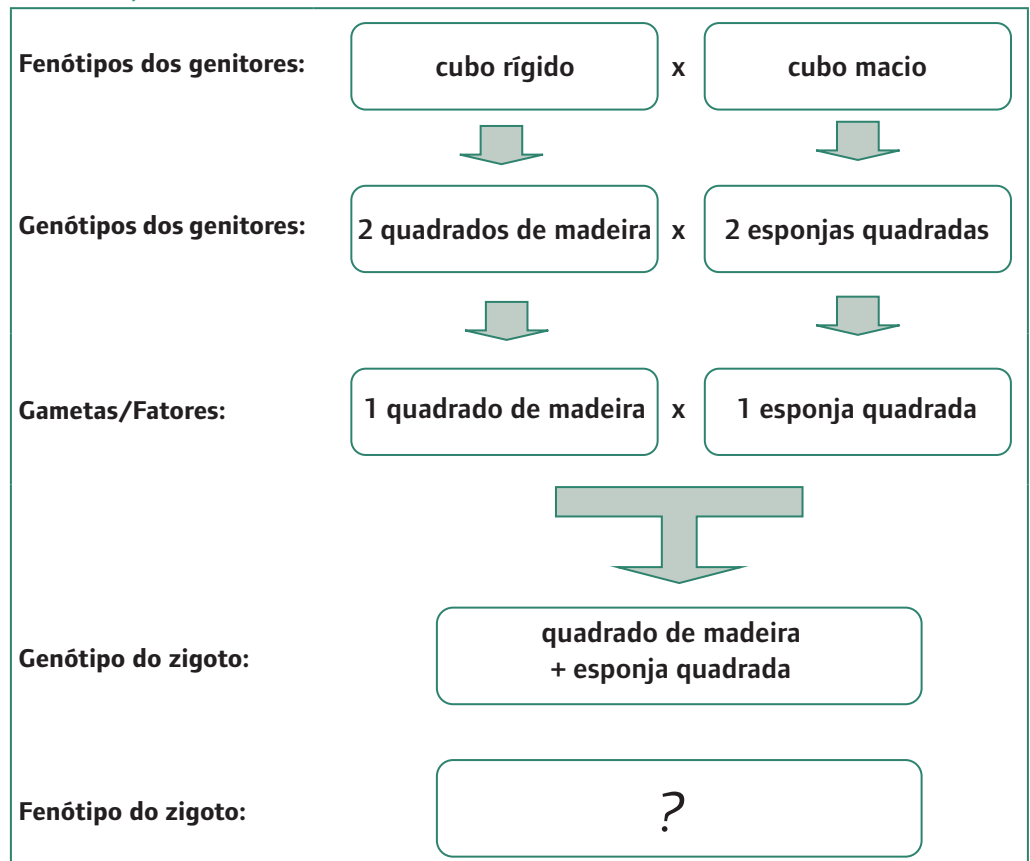


F) Alternativas de simulação com dois fatores hereditários

SIMULAÇÃO 01



SIMULAÇÃO 02



G) “Nem tudo que parece ser, é”

Um dos “elementos” ou “hereditários” se expressa fenotipicamente enquanto o outro não. Dessa forma, um dos fatores é chamado dominante e, o outro, recessivo. Assim, toda vez que o fator dominante estiver presente, ele terá expressão fenotípica, enquanto o fator dito recessivo só terá expressão fenotípica quando em dose dupla.

VALIDAÇÃO DO KIT

No Geral

A validação de um modelo tátil é necessária para garantir que ele se adeque à situação de uso almejada e, portanto, atenda aos objetivos propostos (GRIFFIN, GERBER, 1999). O processo de validação do *kit* como recurso pedagógico se deu de três formas. Primeiro, um grupo de cinco alunos universitários pertencentes ao Laboratório de Genética Marinha e Evolução, do Departamento de Biologia Marinha - Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense voluntariou-se para testar o material. Eles foram divididos em dois grupos, cada um contendo um integrante “cego” (cegueira simulada com o uso de óculos de natação contendo lentes opacas). Durante a atividade houve intenso diálogo. Ao final da atividade, os grupos classificaram a atividade como uma prática boa e viável. Segundo eles, a atividade possuía um bom “passo a passo”, o que auxiliava a execução das tarefas de forma autônoma. Uma das alunas que simulava a cegueira considerou: “Fiquei mais concentrada de olhos fechados!”. Todas as observações realizadas pelos voluntários foram anotadas e o material foi reformulado e submetido a um segundo processo de avaliação.

O segundo processo de validação foi realizado com o *kit* já tendo sofrido reformulações e, também, com o acréscimo de uma versão do roteiro transcrita para o sistema de leitura com o tato para cegos (Braile). Neste caso, a atividade foi executada por uma pessoa cega com formação universitária, lotada na função de revisor de Braile no colégio no qual a atividade foi aplicada posteriormente. Segundo ele, o *kit* se adequava ao uso por alunos cegos, uma vez que o material tinha sido devidamente adaptado, com a transcrição do tex-

to em braile e a escolha de tipos, tamanhos, formas e texturas dos materiais que compunham o *kit*. Salientou ainda que, embora o roteiro tivesse uma linguagem simples, ele acreditava que a mediação do professor de Biologia se faria necessária para que a atividade fosse plenamente executada.

Por último, a atividade foi aplicada em uma turma mista do 3º ano do ensino médio do Colégio Pedro II, Campus São Cristóvão III, instituição de ensino da rede pública localizada na Cidade do Rio de Janeiro.

Os resultados desta validação foram registrados de duas formas. Primeiro pela utilização de um questionário estruturado que compreendia nove perguntas fechadas para serem respondidas conforme escala de *Likert*, com graduação de concordância/discordância variando de: “concordo totalmente”, “concordo parcialmente”, “indiferente”, “discordo parcialmente” e “discordo totalmente”. Para a construção deste questionário usou-se como base o trabalho de Machado (2015). As perguntas faziam referência ao uso do material didático (se favorecia a aprendizagem, se despertava o interesse para a aprendizagem, se estimulava a autonomia para a aprendizagem na prática e a curiosidade sobre herança biológica); ao roteiro de atividades (se possuía linguagem simples e interativa) e aos objetos do *kit* (favorável ao manuseio e acessibilidade).

Os 23 alunos que se voluntariaram para realizar a atividade compreendiam a faixa etária de 16 a 24 anos, sendo 61% do sexo feminino e 39% masculino. Todos pertenciam à mesma turma, dentre os quais, havia um aluno com cegueira congênita. A atividade foi realizada seguindo o roteiro proposto e as sugestões descritas no item “Atividade” deste artigo. O roteiro foi disponibilizado em Braile para o aluno cego. Os objetos dos *kits* foram amplamente manuseados por todos os integrantes dos grupos. Toda a atividade foi feita com diálogo entre os componentes dos grupos. Quando tinham dificuldades para a execução da atividade, solicitavam a mediação do professor e, assim, conseguiam avançar nas tarefas propostas. A atividade teve duração média de 48 minutos (Figura 3).

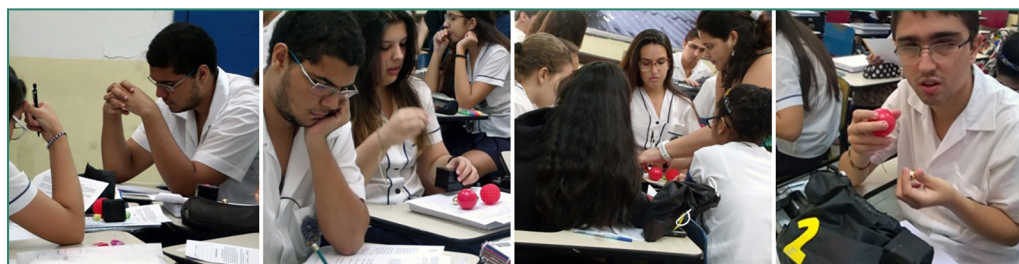


Figura 3.

Aplicação do *kit* em turma de 3º ano do ensino médio com aluno cego incluído. Fotos dos autores (todas as fotos contam com autorização para uso de imagem).

A maioria dos alunos ficou interessada em realizar a atividade (Figura 4) considerando que a mesma contribuiu para a aprendizagem dos conceitos básicos de genética que

foram ensinados (Figura 5). Consideraram, ainda, que a atividade possibilitou que eles tivessem autonomia para “aprender na prática” (fala de um dos alunos) (Figura 6).

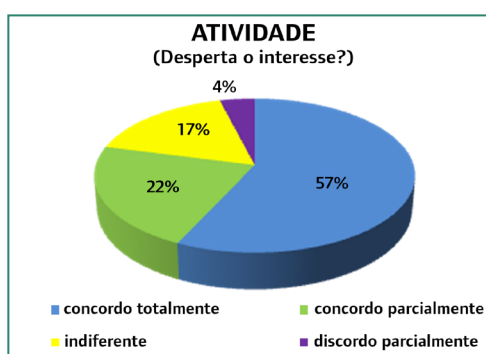


Figura 4.

Porcentagem de alunos interessados na atividade.

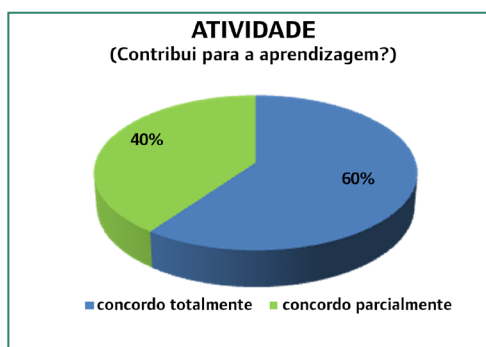


Figura 5.

Porcentagem de alunos que consideraram que a atividade contribui para a aprendizagem de genética.

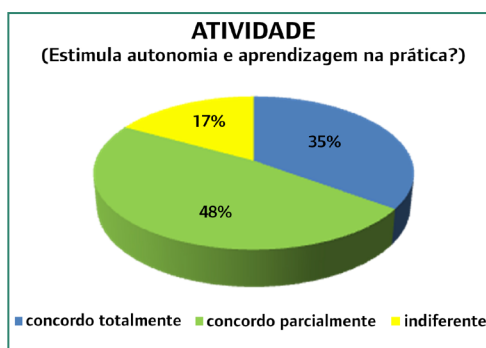


Figura 6.

Porcentagem dos alunos que consideraram que o *kit* estimulou a autonomia para a aprendizagem de conceitos genéticos na prática.

Com relação ao roteiro, declararam que o mesmo continha uma linguagem simples e interativa, com informações bem descritas (Figura 7).

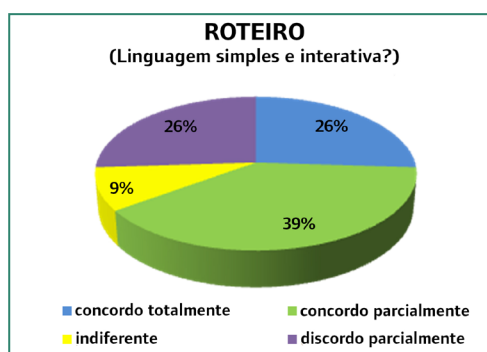


Figura 7. Porcentagem de alunos que consideraram que o roteiro de atividades possuía uma linguagem simples e interativa.

Acrescentaram que foi bom trabalhar em grupo (Figura 8) e que a atividade estimulou a curiosidade sobre herança biológica (Figura 9).

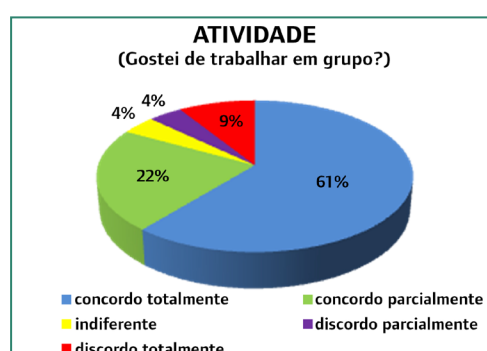


Figura 8. Porcentagem de alunos que gostaram de desenvolver a atividade em grupo.

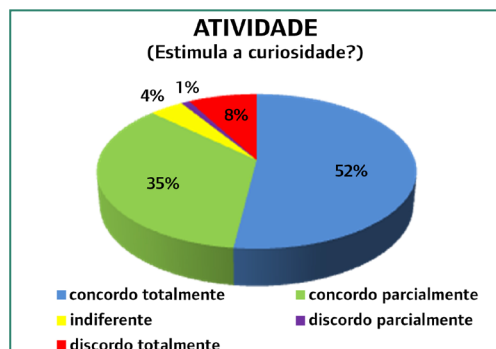


Figura 9. Porcentagem de alunos que consideraram que a atividade estimulou a curiosidade sobre herança biológica.

Com relação aos objetos do kit, avaliaram que o tamanho, o formato e a textura das peças eram adequados ao manuseio (Figuras 10 e 11).

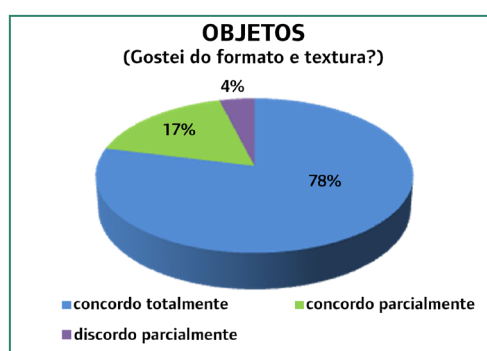


Figura 10. Porcentagem de alunos que concordaram que os objetos dos kits eram de fácil manuseio.

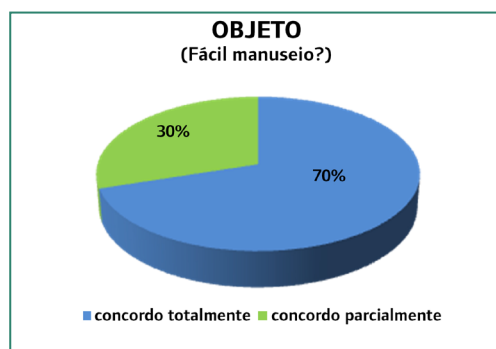


Figura 11. Porcentagem relativa à opinião dos alunos quanto ao formato e textura dos objetos dos kits.

Cegueira congênita - A cegueira pode ser classificada como congênita (que ocorre desde o nascimento, ou nos primeiros anos de vida) ou adquirida (obtida ao longo do desenvolvimento em decorrência de causas orgânicas ou acidentais).

O aluno cego

O aluno cego de 18 anos tem **cegueira congênita** decorrente do deslocamento da retina ocasionado pela exposição a altas taxas de oxigênio na incubadora, por ocasião de nascimento prematuro. Após concluir o ensino fundamental no Instituto Benjamim Constant (IBC), ingressou no Colégio Pedro II/Campus São Cristóvão III, no 1º ano do ensino médio, sendo matriculado em turma regular.

O mesmo concordou em ser voluntário da pesquisa, sendo convidado pelos colegas para compor o Grupo 1. Durante o desenvolvimento da atividade, pôde avaliar se o material se adequava às suas necessidades e se lhe possibilitava a aprendizagem dos conceitos de genética. Apesar de ele ter recebido o relatório e o questionário de avaliação nas versões Braile e digital, solicitou a leitura dos mesmos. No grupo, uma de suas colegas assumiu o papel de leitora, possibilitando-lhe a ativa participação na busca por soluções para os problemas propostos. Ele solicitava os objetos aos colegas do grupo para que pudesse manuseá-los e, assim, desenvolver ideias sobre as questões levantadas. Suas propostas eram ouvidas e discutidas pelos integrantes do grupo.

Segundo ele, o *kit* era composto por objetos cujas características possibilitaram o livre e amplo manuseio. Os diferentes formatos e texturas garantiram a discriminação das peças. As dimensões usadas foram consideradas adequadas à percepção tátil, pois possibilitaram a detecção do todo de cada objeto. Vale ressaltar que a percepção tátil diferencia-se da visual devido ao seu caráter **sequencial**, portanto, a escolha do material deve ser criteriosa a fim de manter a qualidade tátil para a finalidade pretendida (CARDINALI, FERREIRA, 2010). Sinalizou que gostou do trabalho feito em grupo e que se sentiu estimulado para aprender na prática. Quanto à linguagem usada no relatório, concordou parcialmente que fosse simples e interativa, ressaltando a necessidade que teve de solicitar a intervenção do professor para sanar dúvidas ao longo da atividade. Desta

Informação sequencial

é aquela que é apreendida, por exemplo, à medida que os dedos manuseiam e discriminam as partes de um objeto.

forma, o aluno avaliou o *kit* como material didático acessível, inclusivo, e que facilitou e incentivou a aprendizagem de genética.

CONCLUSÃO

O material didático apresentado (um *kit* elaborado na perspectiva de ensino inclusivo para introdução de conceitos básicos sobre herança genética) mostrou-se adequado ao objetivo de ser inclusivo e aplicável em turmas mistas. O *kit* foi avaliado positivamente em todos os três processos de validação pelos quais passou. Portanto, é possível concluir que ele é uma alternativa viável para o ensino de herança genética, tanto para cegos quanto para videntes. Além disso, o recurso propõe um caminhar ativo e reflexivo para a construção dos conceitos. O ponto de partida para a aprendizagem não teve como referência a visualização passiva de imagens, pelo contrário, teve como base a proposição de experimentos e a troca dialogada das percepções individuais, conduzindo os alunos ao pensamento para a construção coletiva de conceitos.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, C. G. Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 21, n. 1, p. 7-15, 2005.
- CARDINALI, S. M. M.; FERREIRA, A. C. A aprendizagem da célula pelos estudantes cegos utilizando modelos tridimensionais: um desafio ético. *Revista Benjamim Constant*, n.46, p. 1-10, 2010.
- MENDEL, G. Experimentos de hibridização em plantas. *Genética na Escola*, v. 8, n. 1, p. 86-103, 2013.
- MENDEL, G. Experimentos com híbridos de outras espécies de plantas. *Genética na Escola*, v. 11, n. 2-Sup, p. 256-265, 2016.

PARA SABER MAIS

- ARCANJO, F; SILVA, E. P. A Hipótese darwiniana da pangênese. *Genética na Escola*, v. 10, n. 2, p. 102-109, 2015.
- CANGUILHEM, G. *Ideologia e racionalidade nas ciências da vida*. São Paulo: Edições 70, 1977.