



A SELEÇÃO NATURAL EM AÇÃO: O CASO DAS JOANINHAS

Lyria Mori¹, Cristina Yumi Miyaki² e Maria Cristina Arias³

1- lmori@ib.usp.br, 2 - cymiyaki@ib.usp.br, 3 - mcarias@ib.usp.br

Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

Atividade de ensino de genética, evolução e ciência ambiental para o ensino médio.

Introdução

A manutenção da diversidade dos seres vivos depende da preservação dos ambientes naturais em que esses organismos vivem. Quando uma espécie de animal ou planta se extingue, os seus genes juntamente com toda a variabilidade de alelos são perdidos para sempre. Esses conjuntos gênicos são resultados de milhões de anos de evolução, são recursos valiosos e insubstituíveis da natureza. Em geral, a perda da variabilidade genética leva à redução do potencial evolutivo, ou seja, à diminuição de possibilidades genéticas selecionáveis que resultam na habilidade de adaptação dos organismos.

A presente atividade trabalha conceitos básicos de genética e evolução, e mostra, de forma lúdica e visual os efeitos que mudanças ambientais podem causar nas frequências alélica e fenotípica de uma população, aqui representada por um grupo de joaninhas. Esta atividade permite simular o efeito da seleção natural, facilitando a compreensão desse mecanismo que é um dos responsáveis pela evolução dos organismos.

Objetivo

A atividade visa promover a discussão e reforçar a compreensão de conceitos como: genes, alelos múltiplos, dominância e sua ausência, genótipos, fenótipos, homozigose, heterozigose e seleção natural. Para alcançar tal objetivo é apresentada uma simulação da interação entre genes, fenótipos e o meio ambiente.

Material para cada grupo (dois a cinco estudantes)

- Um saquinho, não transparente, de cerca de 15 X 30 cm.
- 8 contas verdes.
- 8 contas vermelhas.

- 8 contas amarelas.
- Um pedaço de madeira (ou isopor) de cerca de 50 X 5 cm com uma fileira com 12 pares de orifícios e uma fileira paralela abaixo com 12 orifícios (Figura 1).
- 24 palitos colocados aos pares na primeira fileira de orifícios (Figura 1).
- 10 joaninhas (botões em forma de joaninha) de cada cor de asas: verde, vermelha, cor de laranja e amarela.
- Roteiro da atividade para o aluno impresso (ver “Procedimento para o aluno”).
- Tabela 1 impressa mostrando as interações entre os três alelos.
- Tabela 2 impressa para marcar o número de joaninhas com cada uma das cores de asas durante quatro gerações e em diferentes condições ambientais.

Aplicando a atividade

Essa atividade é designada para estudantes de ensino médio e de cursos de graduação. Os estudantes já devem conhecer os conceitos básicos de genética, como, por exemplo, que em indivíduos diplóides há um par de alelos para cada gene, e que o alelo herdado é resultado da aleatoriedade da segregação desses alelos durante a meiose, na formação dos gametas. Os estudantes também precisam entender os conceitos de dominância e recessividade.

1. A classe deverá ser dividida em grupos de 2 a 5 alunos;
2. O professor deverá entregar a cada grupo um conjunto de material (acima descrito) e solicitar que os alunos sigam as instruções do “Procedimento para o aluno”;
3. Ao explicar a atividade, o professor deverá enfatizar: (a) que cada conta representa um alelo e a composição desses dois alelos é que vai determinar a cor das asas da joaninha (b) que de cada par de contas retirado ao acaso do saquinho, uma delas representa o alelo proveniente da mãe, e a outra, o alelo proveniente do pai da nova joaninha;

4. O professor poderá nesse momento introdutório, discutir com os alunos os tipos de interação entre os alelos do gene para cor das asas, e a correspondência dos fenótipos com os genótipos, utilizando as ilustrações e informações da Tabela 1;

5. Ao chegar na instrução 3 do “Procedimento”, o professor poderá reforçar que o ambiente pode atuar de forma decisiva. Como as joaninhas de asas amarelas não estão bem camufladas, são comidas por predadores antes de deixarem descendentes. Assim, o professor poderá explicar esse passo para a classe e enfatizar que: “se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as do restante, assim como as suas contas”. É importante certificar-se de que todos os grupos eliminaram as joaninhas de asas amarelas antes de começarem a retirar as contas da geração seguinte.

6. Os estudantes deverão prosseguir para as instruções 4 e 5 e simular mais duas gerações, perfazendo o total de três gerações. Os números de joaninhas com os diversos genótipos e fenótipos deverão ser anotados na Tabela 2. Os estudantes não deverão prosseguir para o item 6, pois nesse momento o professor deverá colocar na lousa a tabela 2 com os resultados da classe toda para cada geração sorteada, obter os totais de cada geração e fazer perguntas como:

- Por que há tantas joaninhas de asas verdes?

- Por que há tão poucas joaninhas vermelhas, amarelas e cor de laranja?

7. A instrução 6 do “Procedimento para o aluno” solicita que os estudantes eliminem as joaninhas de asas verdes e só então devem sortear a quarta geração e registrar sua composição na Tabela 2. O professor deverá fazer uma tabela semelhante na lousa, somando todos os resultados da classe.

8. Ao final da atividade, o professor deverá promover uma discussão com base nas questões propostas na ficha de “Procedimento para o aluno”.

Procedimento para o aluno (esse roteiro deverá ser impresso e entregue a cada grupo)

1. Cada conta representa um alelo do gene que confere a cor das asas das joaninhas. Certifique-se inicialmente de que há oito contas de cada cor no saquinho.

2. Simule uma primeira geração de joaninhas (12 indivíduos). Para isso, retire, sem olhar, um par de contas do saquinho, uma delas representa o alelo presente no espermatozóide e a outra, o alelo presente no óvulo. Coloque uma conta em cada palito e na frente de cada genótipo (par de contas), coloque a joaninha com o fenótipo correspondente, seguindo a Tabela 1. Faça o

sorteio até completar as 12 joaninhas.

3. Conte o número de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2, na linha correspondente à primeira geração.

O ambiente onde as joaninhas vivem é muito verde e com muita vegetação. As joaninhas de asas verdes estão bem camufladas dos predadores. As joaninhas de asas vermelhas ou cor de laranja estão razoavelmente camufladas. Entretanto, as joaninhas de asas amarelas são facilmente predadas nesse ambiente. **Se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as juntamente com seus alelos.**

4. Coloque o restante dos alelos no saquinho. Simule a segunda geração de joaninhas de modo semelhante à primeira. Some o total de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2. Elimine as joaninhas de asas amarelas e os respectivos alelos, coloque o restante das contas de volta no saquinho.

5. Simule a terceira geração, do mesmo modo descrito acima, e preencha a linha da terceira geração na Tabela 2.

6. Ocorreu um acidente! Uma indústria lançou dejetos de herbicida no ambiente, matando toda a vegetação. As rochas expostas são excelentes camuflagens para as joaninhas de asas amarelas, vermelhas e cor de laranja. Agora as joaninhas de asas verdes são facilmente vistas e predadas. Retire as joaninhas com asas verdes e seus respectivos alelos. Não remova as joaninhas com asas amarelas, caso elas tenham aparecido. Coloque o restante das contas no saquinho e sorteie a quarta geração. Preencha a Tabela 2.

7. Discutam em grupo:

- Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas com asas amarelas?
- O tamanho da população diminuiu? Por que? Você esperaria que algo semelhante acontecesse na natureza?
- Como é a população da terceira geração quando comparada com as gerações anteriores?
- Algum alelo desapareceu completamente?
- Compare a ocorrência dos diferentes alelos após a seleção contra as joaninhas com asas amarelas e após a seleção contra as joaninhas com asas verdes. Há diferença?
- Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e)?
- O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

Notas para o professor e respostas das questões do “Procedimento para o aluno”

Na presente atividade os estudantes geram os genótipos e indicam os fenótipos de uma população fictícia de joaninhas. Os alunos devem ser capazes de notar que as frequências genotípica e fenotípica de cada geração sofrem mudanças em resposta às condições ambientais e ao sorteio ao acaso de gametas. Além disso, é importante citar que eventos catastróficos semelhantes ao simulado nessa atividade (morte da vegetação devido à poluição) podem acontecer no mundo real.

Como todo modelo, a presente atividade possui simplificações que podem ser discutidas com os alunos, dependendo da profundidade da discussão gerada. Alguns alunos podem perceber que, assim como o número total de joaninhas a cada geração tende a diminuir, o número total de alelos também tende a diminuir com o passar das gerações, pois os alelos das joaninhas predadas não voltam para o sorteio da geração seguinte. Outra simplificação é que não consideramos a composição genotípica de joaninhas da geração anterior na formação da geração seguinte. Ou seja, se em uma geração temos duas joaninhas com asas verdes, uma com asas vermelhas e uma com asas cor de laranja, não consideramos que uma com asas verdes vai se reproduzir com uma com asas vermelhas e a outra com asas verdes com uma com asas cor de laranja, mas simplesmente devolvemos os alelos para o saquinho de sorteio.

Como extensão dessa atividade o professor poderá explorar o efeito do mimetismo (camuflagem) na seleção natural.

Questões do “Procedimento para o aluno” e respostas:

a) Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas de asas amarelas?

R.: Não, ainda há alelos amarelos presentes. O alelo amarelo claramente não está aumentando a chance de sobrevivência das joaninhas de asas amarelas, mas levará algum tempo até que todos os alelos amarelos desapareçam. Isso ocorre porque eles estão frequentemente mascarados pelos alelos dominantes e passam de uma geração para outra.

b) O tamanho da população mudou? Por quê? Você esperaria que isso acontecesse na natureza?

R.: Sim, o tamanho da população diminuiu ligeiramente. Porque joaninhas de asas amarelas são removidas junto com seus alelos e, portanto, esses alelos não farão parte do conjunto gênico (“gene pool”) da geração seguinte.

Não, nós não esperamos que isso aconteça na natureza porque cada fêmea realiza a postura de muitos ovos, portanto sempre haverá um grande número de joaninhas recém eclodidas em relação ao número das que irão sobreviver até a fase adulta, não importando a sua cor das asas. Esse é um aspecto da simulação que simplifica a realidade.

c) Como é a terceira geração quando comparada com as gerações anteriores?

R.: Provavelmente haverá menos alelos amarelos do que nas gerações anteriores. Nessa simulação, o número de joaninhas não aumenta de uma geração para outra. Peça aos alunos para considerar as limitações da simulação e sugerir modificações para superar esses problemas. Uma possibilidade, talvez complicada de ser implementada, seria aumentar o número de alelos restantes, respeitando suas frequências antes de realizar o sorteio da geração seguinte.

d) Na quarta geração algum alelo desapareceu inteiramente?

R.: Sim. O alelo verde desapareceu completamente.

e) Na quarta geração houve mudança no tamanho e na composição de alelos da população em comparação com as demais gerações? Como?

R.: Sim. Agora a população é significativamente menor e alelos, além do verde, podem ter desaparecido completamente.

f) Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e?

R.: O alelo para a cor de asas verdes é dominante sobre os alelos para as cores vermelho e amarelo, por isso o alelo para verde desapareceu imediatamente quando houve seleção contra as joaninhas de asas verdes. Ou seja, os alelos para asas verdes desapareceram imediatamente porque eles são dominantes e sempre se manifestam no fenótipo. Qualquer joaninha que tenha pelo menos um alelo para a cor verde terá o fenótipo asas verdes, e, portanto, sofrerá seleção contra quando a vegetação verde for eliminada. Já o alelo para asa amarela declinou em número lentamente quando as condições ambientais não eram favoráveis ao fenótipo amarelo. Os alelos para asa amarela declinam lentamente porque eles são recessivos e mascarados pela presença de alelos para outra cor (verde ou vermelho). Uma mensagem importante é que alelos dominantes podem ser eliminados rapidamente da população por pressão seletiva. Os alelos recessivos declinam lentamente porque eles estão escondidos ou mascarados.

g) O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

R.: As joaninhas de asas amarelas voltarão a ser predadas e como o alelo para asa verde foi totalmente eliminado, joaninhas com asas dessa cor só aparecerão novamente mediante nova mutação.

Deixe os estudantes proporem as próprias questões também. Incentive os alunos a testarem algumas de suas respostas. Se houver tempo disponível, a atividade das joaninhas pode ser feita novamente com novas condições ambientais.

Glossário

Alelo: formas alternativas de um gene. Por exemplo, os alelos verde, vermelho e amarelo do gene para cor das asas nas joaninhas.

Alelismo múltiplo: A existência de vários alelos conhecidos de um gene. Esse é o caso dos alelos verde, vermelho e amarelo do gene para a cor das asas.

Alelo dominante: Um alelo que expressa seu efeito fenotípico mesmo quando em heterozigose com um alelo recessivo, assim, se A é dominante em relação a a, então AA e Aa tem o mesmo fenótipo. É o caso do alelo verde sobre os alelos vermelho e amarelo nesse exercício.

Alelo mutante: Um alelo cuja sequência de nucleotídeos difere do alelo encontrado no tipo padrão, ou selvagem. No caso da cor das asas das joaninhas, se o fenótipo asas verdes for o mais frequente na população, o alelo representado pelas contas verdes é o alelo selvagem ou normal, e os alelos vermelho e amarelo são alelos mutantes. Os alelos mutantes surgem por mutação.

Alelo recessivo: Um alelo cujo efeito fenotípico não se manifesta em um heterozigoto. No caso desse exemplo, os alelos para cor de asas vermelhas e amarelas são recessivos em relação ao para a cor verde.

Dominância incompleta: Uma situação na qual um heterozigoto mostra um fenótipo quantitativamente (mas não exatamente) intermediário aos correspondentes homozigotos (exatamente intermediário significa sem dominância). Nesse exercício, é o caso dos alelos para

vermelho e amarelo, que quando juntos no indivíduo resultam em fenótipo cor de laranja.

Mutação: alteração por substituição, deleção ou inserção de nucleotídeos na sequência do DNA.

Seleção natural: A sobrevivência e/ou reprodução diferencial de classes de entidades que diferem em uma ou mais características. As entidades podem ser alelos, genótipos ou subconjuntos de genótipos, populações ou, em um sentido amplo, espécies. Mortalidade ou taxas reprodutivas alteradas devido a processos ambientais naturais. Reprodução diferencial e sobrevivência de genótipos (seleção natural) levam a mudanças adaptativas evolutivas.

OBS. Esta atividade foi inspirada em “Toothpick fish – a middle school activity for teaching genetics and environmental science”.

<<http://genetics-education-partnership.mbt.washington.edu/download/toothpickfish.pdf>>

Acessado em 30/09/2009

Bibliografia e leitura complementar

Darwin – As chaves da vida. 2009. Scientific American Brasil, Gênios da Ciência.

Darwin e a Evolução: uma teoria que mudou o mundo. 2009. Ciência Hoje, 44: 34-55.

Charbel Nino El-Hani & Diogo Meyer. 2009. A evolução da teoria darwiniana. Scientific American Brasil, Especial História, nº 7: 77-85.

Ernst Mayr. 2001. O que é Evolução. Editora Rocco, Rio de Janeiro.

Evolução da Evolução. 2009. Scientific American Brasil, 81: 26-79.

Stephen J. Gould. 2009. A imprevisível e fortuita evolução da vida. Scientific American Brasil, Especial História, nº 7: 64-75.

Agradecimentos

Aos inúmeros professores, alunos e colegas que executaram a atividade no evento “Genética na Praça”, durante 55º Congresso Brasileiro de Genética, promovido pela Sociedade Brasileira de Genética em 2009, e que fizeram várias sugestões para aperfeiçoar a atividade.



Figura 1. Foto ilustrativa do conjunto de peças utilizadas nessa atividade.

Tabela 1. Fenótipos e genótipos correspondentes

Fenótipos	Genótipos (cores dos pares de contas)
	  
	
	
	

OBS.: a combinação dos alelos vermelho e amarelo resulta em uma joaninha com as asas cor de laranja.
LEMBRE-SE, CADA CONTA REPRESENTA UM ALELO DO GENE QUE CONTROLA A COR DAS ASAS E NÃO A COR DA JOANINHA.

Tabela 2. Número de joaninhas descendentes de acordo com a cor de suas asas e seus genótipos, durante quatro gerações e em diferentes condições ambientais.

Fenótipos						
Genótipos	 	 	 	 	 	 
1ª geração						
2ª geração						
3ª geração						
<p>Acidente!!! Toda a vegetação morre. As joaninhas de asas verdes são facilmente vistas pelas aves e são predadas. Retire as joaninhas de asas verdes e seus alelos. Retorne os alelos dos sobreviventes para o saquinho e sorteie novamente.</p>						
4ª geração						