

MANUAL

As Borboletas da Floresta Amarela



Xana Sá Pinto (xanasapinto@gmail.com)
Rita Campos (ritacampos@cibio.up.pt)
Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos
(CIBIO)
©2012

Design: Joana Monteiro

ISBN: 978-989-97418-2-9

Sugestão de citação: Sá Pinto X, Campos R (2012). As borboletas da floresta amarela. CIBIO, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos. Porto, Portugal.

Financiamento:

European Society for Evolutionary Biology (ESEB)

Society for the Study of Evolution (SSE)

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT; bolsas de pós-
-doutoramento SFRH/BPD/48750/2008 e SFRH/BPD/64365/2009
a XSP e RC, respectivamente)

Este livro é disponibilizado gratuitamente e não pode ser vendido.
Qualquer dúvida ou informação adicional, por favor contacte as autoras
usando os mails indicados.

**Para mais informação sobre estas e outras actividades de divulgação
no âmbito da biodiversidade, genética e evolução consulte o blogue
<http://playingevolution.blogspot.com>**



ÍNDICE

Introdução	5
1. Variabilidade intra-específica e Hereditariedade – Todos diferentes, todos iguais	8
2. Selecção Natural	18
3. Deriva Genética	23
4. Sistemática – da classificação à Evolução	28

INTRODUÇÃO

A ciência tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento económico, cultural e social da humanidade, servindo de base à rápida revolução tecnológica que se tem observado desde o início do século XX. No entanto, vários estudos têm demonstrado que mesmo em países com elevados níveis de desenvolvimento a maioria das pessoas possui um conhecimento restrito e fragmentado da ciência (Carrada, 2006). Esta falta de cultura científica afecta negativamente a utilização que as pessoas fazem da tecnologia disponível, com óbvias consequências para o desenvolvimento e economia dos países, bem como para a quantidade e qualidade da produção científica. Assim, iniciativas que promovam o alargamento da cultura científica das populações são importantes, não apenas para democratizar o acesso à cultura, informação e tecnologia, mas também para promover um desenvolvimento mais rápido e sustentado das sociedades.

Neste âmbito, a educação científica desde os primeiros anos de escolaridade reveste-se de especial importância, contribuindo para fomentar a curiosidade dos alunos e o seu interesse e entusiasmo pela ciência. Adicionalmente, a educação científica contribui de forma decisiva para o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo (revisto em Martins *et al.*, 2007), competências essenciais à realização de actividades científico-tecnológicas e ao pleno exercício da cidadania.

Evolução e Ensino da Biologia

Nos últimos anos tem-se assistido a importantes avanços tecnológicos ligados à Biologia, em áreas tão diversas e importantes para a humanidade como a medicina ou a biotecnologia. Uma vez que todas as espécies resultam de um longo processo de evolução, o conhecimento dos mecanismos de evolução e da história evolutiva de cada espécie são ferramentas essenciais para fomentar o desenvolvimento biotecnológico. Tal como Dobzhansky afirmou em 1973, “Nada faz sentido em biologia senão à luz da evolução”. Assim, o estudo da evolução permitiu, por exemplo, desenvolver e otimizar a utilização de produtos e metodologias terapêuticas, compreender a evolução e dispersão de agentes patogénicos, delinear planos de recuperação e gestão de espécies e ecossistemas que permitem a sua sobrevivência histórica, diminuir o aparecimento de pragas agrícolas resistentes, identificar genes e moléculas com características importantes para fins medicinais, agrícolas, ambientais ou para produção industrial ou contribuir para decisões judiciais (para

a importância do estudo da evolução para a sociedade e desenvolvimento tecnológico ver Futuyama *et al.* 1999 e revisão em Bull e Wichman, 2001). No entanto, mais de cento e cinquenta anos passados após a publicação de “A Origem das Espécies” (Darwin, 1859), a evolução biológica e os processos evolutivos continuam a ser desconhecidos ou mal compreendidos pelo público em geral, existindo muitas concepções alternativas erróneas que dificultam o processo de aprendizagem (revisto em Alters e Nelson, 2002 e Macfadden, 2008). Desta forma, torna-se fundamental clarificar o papel e mecanismo de actuação dos diversos processos evolutivos, para que a informação transmitida sobre a História Natural e sistemas biológicos possa ser assimilada e integrada num quadro de conceitos correcto.

As actividades

Reconhecer a ocorrência de evolução biológica e perceber os mecanismos que a promovem permite uma melhor compreensão do mundo natural, das características das espécies e dos sistemas biológicos e ecológicos. No entanto, o facto de a evolução ocorrer geralmente de forma lenta e em escalas temporais que excedem largamente o tempo de vida humana impede a sua observação. Neste guião apresenta-se um conjunto de actividades simples que poderão ser desenvolvidas em sala de aula e que permitem ultrapassar algumas das dificuldades encontradas no ensino da evolução. Para facilitar a sua utilização, cada unidade inclui uma breve introdução ao tema, a descrição dos objectivos a atingir, um guião de exploração da actividade e várias sugestões pedagógicas adequadas a diferentes níveis escolares.

As actividades propostas permitem explorar temas como a biodiversidade como resultado do processo de evolução, as diferentes escalas da biodiversidade e sua importância para os ecossistemas e qualidade de vida humana. No seu conjunto, podem ser introduzidas como um percurso no conhecimento de uma espécie de borboletas, desde a identificação de variação entre os indivíduos (variabilidade intra-específica) até à relação evolutiva com outras espécies (sistemática). Estas actividades são flexíveis e adaptáveis a diferentes anos lectivos, podendo ser exploradas no contexto de distintos conteúdos programáticos (Biologia, Matemática, Português, Cidadania, entre outros). Para além dos objectivos específicos de cada unidade, pretende-se que os alunos desenvolvam um espírito crítico face à informação e aos problemas que encontram no seu dia-a-dia. Desta forma, as actividades foram planificadas de forma a que o aluno desempenhe um papel activo na identificação do problema, exposição de hipóteses e elaboração e execução de todo o procedimento experimental. O facto de

os alunos desempenharem um papel activo e de a evolução ocorrer como consequência dos seus actos facilita a compreensão dos mecanismos evolutivos e dos seus impactos na diversidade biológica.

Todas as actividades foram já testadas com sucesso em contexto de sala de aula, desde o primeiro ciclo do ensino básico até secundário, bem como em eventos destinados ao público em geral (mais detalhes em <http://playingevolution.blogspot.com/> e Campos e Sá-Pinto, 2013).

1. Variabilidade intra-específica e Hereditariedade – Todos diferentes, todos iguais

1.1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade pode ser classificada em três níveis: gene, espécie e ecossistema. Por diversidade de ecossistemas entende-se os diferentes tipos de habitat, as espécies que nele habitam e suas interações; por diversidade de espécies entende-se o número de espécies que se encontram no planeta ou num determinado local. A diversidade genética diz respeito às diferenças que existem entre indivíduos de uma mesma espécie e que são o reflexo da variação na informação genética de cada indivíduo. É sobre esta informação genética que os mecanismos de evolução actuam, o que torna o seu estudo fundamental para, por exemplo, se perceber qual a capacidade que uma determinada espécie tem para se adaptar ou sobreviver a alterações no seu habitat. Quanto maior for a diversidade genética existente numa população ou espécie maior é a probabilidade de existirem indivíduos capazes de sobreviver a alterações do meio ou a novos habitats.

A informação genética de um indivíduo resulta da combinação do património genético contido nos gâmetas que lhe deram origem. Ou seja, para cada característica, cada indivíduo herda uma informação do seu pai e outra da sua mãe. No séc. XIX, Gregor Mendel (1866) descreveu pela primeira vez a forma como as características se transmitem ao longo das gerações. Ao estudar o resultado de cruzamentos controlados entre plantas com características diferentes, Mendel pôde ainda concluir que cada característica é controlada por unidades discretas (a que hoje chamamos genes) e que uma determinada característica pode não se expressar num dado indivíduo mas ser passada para a geração seguinte. Actualmente sabemos que isso acontece porque cada gene pode apresentar variação, designada por variação alélica, e que alguns destes alelos são dominantes em relação a outros (os recessivos). Assim, por exemplo, o gene que controla o tipo sanguíneo AB0 pode conter a informação para ter os antigénios A ou B (alelos dominantes) ou não ter o antigénio (alelo 0, recessivo). Se um filho herdar um alelo 'A' de um dos pais e um alelo 'B' do outro, terá o grupo sanguíneo AB. Isto acontece porque ambos os alelos se expressam, um tipo de interacção alélica a que se dá o nome de co-dominância. Desta

forma, pais com o tipo sanguíneo A ou B podem ter um filho com o tipo sanguíneo 'O' se cada um deles tiver o alelo 'O' (ou seja, for 'AO' ou 'BO') mas um progenitor 'AB' nunca poderá ter um filho com um grupo sanguíneo 'O' porque apenas passará a informação 'A' ou 'B'.

Uma grande parte das características de uma espécie é controlada por mais do que um gene ou afectada pelo meio ambiente. Por esse motivo a hereditariedade destas características apresenta maior complexidade que o modelo descrito por Mendel. São exemplos destas características a cor dos olhos ou a cor da pele.

.....

1.2. OBJECTIVOS

Com esta actividade pretende-se que os alunos percebam que há variação entre os indivíduos de uma espécie, tanto na espécie humana como em outras espécies (diversidade intra-específica), e que uma grande parte desta diversidade se transmite ao longo das gerações, de forma independente. Os alunos deverão ser ainda capazes de compreender que uma árvore genealógica é composta por eixos que representam as relações de parentesco e eixos que representam a passagem do tempo e de perceber que existem características que podem estar presentes nos indivíduos sem que se vejam, enquanto outras se expressam sempre (aplicação dos conceitos de recessivo e dominante). Finalmente, os alunos deverão ainda compreender que indivíduos que partilham um ancestral comum mais recente possuem mais características em comum do que indivíduos que partilham um ancestral comum mais antigo.

.....

1.3. ACTIVIDADE

Material necessário:

- espelhos
- papel e lápis de cor
- lista com exemplos de características polimórficas no ser humano (Anexo 1)
- exemplo de árvore genealógica (Anexo 2)
- modelos para construção de árvores genealógicas (Anexo 3)

A actividade:

Peça aos alunos que olhem para a turma e enumerem características físicas que lhes permitam distinguir as pessoas (características para as quais se observa variação na turma). Deixe que sejam os alunos a enumerar essas características

e utilize a lista das características fornecida para ajudar a discussão. Peça a cada aluno que se veja ao espelho e que se descreva, desenhando-se ou elaborando uma lista das suas características. De seguida, para cada característica (exemplo: cor de olhos), peça aos alunos que definam grupos (exemplo: verde, azul, castanho) e que classifiquem cada aluno como pertencente a um dos grupos. Registe os grupos sugeridos e o número de alunos em cada um destes grupos.

Faça os alunos notar que algumas características, como por exemplo a altura, a cor da pele ou a cor dos cabelos, têm uma variação contínua, sendo difícil definir classes objectivas e que as características não estão necessariamente associadas entre si (exemplo: existem pessoas com cabelo escuro e olhos castanhos, verdes ou azuis).

Discuta a existência de diversidade também dentro de outras espécies. Utilize exemplos de espécies que lhes sejam familiares, como os gatos ou as pombas.

Explore com os alunos a árvore genealógica proposta, identificando com eles os eixos que representam as relações familiares e os que representam o tempo. Faça-os notar que as características de cada pessoa dependem dos seus ancestrais e que familiares mais próximos partilham mais características em comum do que familiares mais afastados.

Chame a atenção para o facto de as características não se encontrarem associadas, sendo a transmissão da informação para uma dada característica, regra geral, independente da transmissão da informação para as restantes. Assim, ao longo das gerações há em cada pessoa uma “recombinação” das características dos seus pais. Faça-os notar ainda que algumas características estão presentes em netos e avós mas não nos pais. Com base nestas observações explique aos alunos que as características hereditárias são transmitidas de pais para filhos e que cada pessoa recebe de cada um dos seus pais informação para a mesma característica (uma proveniente do pai e outra da mãe). Explique ainda que, para algumas das características, quando as informações recebidas da mãe e do pai são distintas, só uma delas (a dominante) se expressará na pessoa, ficando a outra (a recessiva) “escondida”.

Explique ainda aos alunos que muitas características, (incluindo as referidas na lista de fornecida) têm modelos de transmissão hereditária mais complexos, ou seja, são codificadas por mais do que um gene e/ou influenciadas pelo ambiente.

Nota: As características referidas no anexo 1 foram seleccionadas por serem exemplos fáceis de observar entre os alunos, motivo pelo qual suscitam sempre mais atenção da parte deles. Para além disso, estas características são os exemplos habitualmente utilizados nos programas do ensino básico e secundário. No entanto, voltamos a chamar a atenção para o facto de,

para muitas delas, não haver certeza de se tratarem de exemplos do tipo ‘um alelo recessivo/um alelo dominante’, havendo mesmo autores que sugerem que estas possuem mecanismos hereditários bem mais complexos (para mais informações sobre a hereditariedade aconselha-se a leitura do site mantido pelo biólogo John McDonald; <http://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>; em inglês).



9 de dezembro de 2015

Nome	Dobrar a língua	Soma do cabelo	Cor dos olhos	Alargando os olhos
Isadora	sim	amarelo claro	azul	do lado
Mariana	sim	amarelo claro	azul	Mariana
Isadora	sim	laranja	castanho	Isadora
Miguel	mão	laranja	castanho	Isadora

1.3.1. Sugestões pedagógicas

Peça aos alunos que construam a árvore genealógica da sua família, começando nos avós maternos e paternos, usando fotografias trazidas de casa (ver modelo exemplo). De seguida peça-lhes que, tendo em conta algumas das características anteriormente estudadas, observem de que forma estas variam na sua família mais próxima. Utilize as árvores genealógicas dos alunos (em conjunto ou em vez da árvore modelo sugerida) para realizar a actividade anteriormente proposta.

1º Ciclo: procure identificar e explorar a diversidade intra-específica noutras espécies, por exemplo, através da construção de um herbário.

2º Ciclo: meça e represente graficamente a variabilidade existente na turma em relação a várias características e utilize estes dados para explorar os conceitos de variáveis contínuas e discretas.

3º Ciclo e Secundário: peça aos seus alunos que preencham a sua árvore genealógica anotando, para cada familiar, as características variáveis identificadas na turma. De seguida, peça aos alunos que, analisem todas as árvores da turma e, para cada casal de cada árvore, registem as características de ambos os progenitores e a frequência de filhos com os diferentes tipos possíveis para essa característica. Com esta informação construam uma tabela como exemplificado na tabela 1 e, partindo desta tabela, discuta com a turma qual das seguintes hipóteses é suportada pelos dados recolhidos para cada característica: H1) a expressão da característica analisada é explicada por um modelo de hereditariedade baseado num só gene com alelos com interações do tipo dominante e recessivo; H2) a expressão da característica é afectada por múltiplos genes e/ou pelo meio ambiente. Compare os resultados obtidos pela turma com os reportados no site <http://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>. Utilize este exercício para explorar a natureza da ciência.

Secundário: relacione o processo de meiose com o aparecimento e transmissão de novas combinações genéticas; discuta as diferenças esperadas na variabilidade intra-específica entre organismos com reprodução sexuada e assexuada.

TABELA 1

Exemplo imaginário de frequência de filhos com cova no queixo ou com queixo liso, para cada tipo de casal possível.

Fenótipo dos pais	Filhos com cova no queixo	Filhos com queixo liso	Total
Cova no queixo X cova no queixo	4	1	5
Cova no queixo X queixo liso	7	7	14
Queixo liso X queixo liso	1	10	11
Total	12	18	30

ANEXO 1

Exemplos de características com variação em humanos.

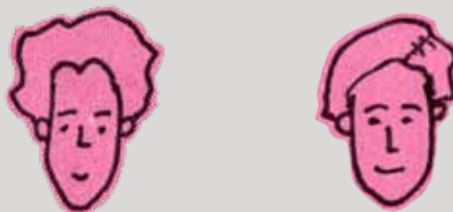
Lóbulo da orelha



Curvatura do polegar



Bico de viúva



Cova na bochecha



Cova no queixo



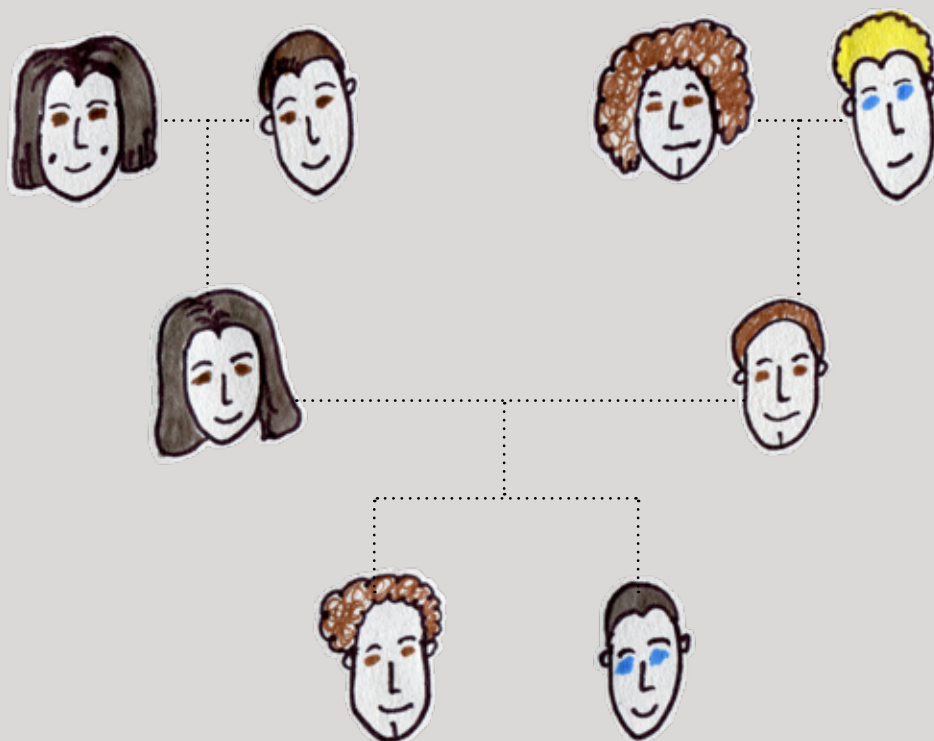
Curvatura do dedo mindinho



Cor dos olhos

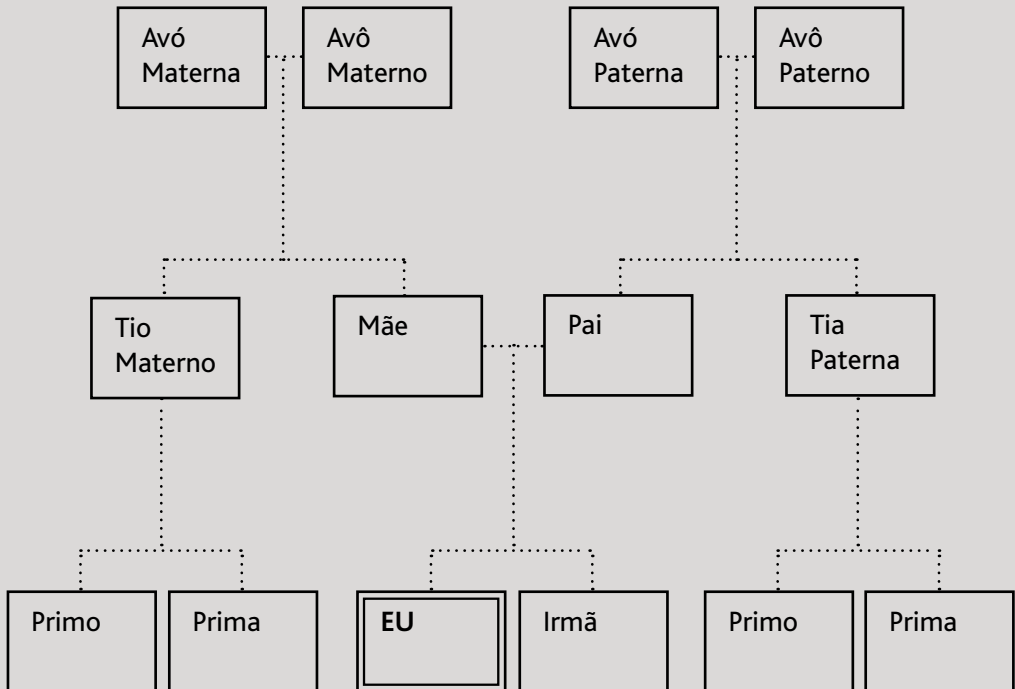


ANEXO 2
Árvore genealógica



ANEXO 3

Modelo de árvore genealógica



2. Selecção Natural

2.1. INTRODUÇÃO

Apresentado pela primeira vez por Darwin e Wallace em 1858, o mecanismo da Selecção Natural constituiu o argumento central de Darwin no seu livro “A Origem das Espécies” (1859). Neste, o naturalista britânico explica que *“os organismos com variações na estrutura, hábitos ou instintos que os tornam melhor adaptados ao meio (...) têm maior probabilidade de sobreviver e aqueles entre a sua descendência que herdaram essas variações também o terão. Como nascem muito mais organismos do que aqueles que sobrevivem, o mais leve grão na balança ditará quais os indivíduos que sobreviverão e quais os que morrerão”* (Darwin, 1859).

Actualmente sabe-se que as variações existentes nas populações naturais se devem à ocorrência de mutações aleatórias no ADN dos indivíduos. A selecção natural actua sobre essas mutações, eliminando as que diminuem a viabilidade dos indivíduos e tornando mais frequentes as que a aumentam. Desta forma, a selecção natural promove a adaptação ao meio: os organismos melhor adaptados sobrevivem mais e deixam mais descendentes, pelo que as características hereditárias que conferem vantagem adaptativa são transmitidas em maior proporção às gerações seguintes.

2.2. OBJECTIVOS

Com esta actividade pretende-se que os alunos percebam o mecanismo de evolução por selecção natural, o seu papel na adaptação das espécies ao meio e de que forma pode causar divergência entre populações/espécies. Pretende-se ainda que os alunos se apercebam da acção da selecção natural sobre a diversidade existente numa população e de que modo a redução da diversidade intra-específica causada pela acção do Homem ameaça a sobrevivência das espécies, limitando a sua capacidade de adaptação a alterações do meio.

2.3. ACTIVIDADE

Material necessário:

- colares de contas de plástico com uma cor que se aproxime, tanto quanto possível, a uma das cores dos discos de plástico
- cesto
- discos de plástico semelhantes a *pintarolas* (5 cores diferentes, incluindo as cores idênticas à cor das contas do meio; 20 a 40 discos de cada cor)
- cronómetro (facultativo; pode substituí-lo contando pausadamente até 5)

Conceitos:

- o cesto com as contas representa um habitat
- as *pintarolas* representam indivíduos de uma espécie com variação de cor
- os alunos representam predadores da espécie *pintarola*

O Jogo:

Comece por encher um dos cestos com contas de uma só cor e por separar 6 *pintarolas* de cada cor (5 cores diferentes, incluindo a cor idêntica à cor das contas do meio). Coloque num dos cestos as 30 *pintarolas*. Misture as *pintarolas* e as contas.

Com o cronómetro, marque 5 segundos. Peça a três alunos que finjam que são predadores e apanhem o máximo de *pintarolas* que conseguirem, para se alimentarem. Cada aluno deverá apanhar um mínimo de 3 *pintarolas* para se manter em jogo. Os alunos que apanharem contas são igualmente eliminados do jogo (lembrar que numa situação real os predadores não desperdiçam energias a apanhar nada que não seja o seu alimento e que num meio natural existem espécies venenosas).

Observe as frequências das cores de *pintarolas* que foram apanhadas e descarte-as de seguida (ou seja, morreram). Observe a frequência das cores de *pintarolas* que ficaram no cesto (as que sobreviveram).

Cada *pintarola* sobrevivente deverá reproduzir-se: por cada *pintarola* sobrevivente acrescente uma outra da mesma cor (ex.: se sobreviveram 3 verdes e 1 vermelha, na segunda volta do jogo deverão estar no cesto 6 verdes e 2 vermelhas). Note que a duplicação do número de *pintarolas* representa uma nova geração, ou seja, cada *pintarola* que se reproduz tem dois filhos com as suas cores e morre.

Repita os ciclos de predação/reprodução as vezes necessárias até que se note a alteração (ou preferencialmente a quase fixação) da cor mimética. Se o predador se tiver esforçado para apanhar muitas presas, espera-se que tenham sobrevivido aquelas cujas cores melhor se confundem com o meio. Discuta este facto.





2.3.1. Sugestões pedagógicas

Alteração do jogo: inicie o jogo mas desta vez use o cesto com o meio de outra cor e jogue segundo as mesmas regras descritas para o jogo-base. Observe e registre a frequência das cores de *pintarolas* que sobreviveram em cada ronda de predação e compare esses resultados com os do jogo-base. Discuta as prováveis diferenças entre resultados explorando a noção de divergência entre populações e de como essa divergência poderá levar à formação de novas espécies.

Alteração do jogo: inicie com um meio diverso (por exemplo, um cesto cheio de contas de várias cores). Comece por jogar como explicado acima mas depois de uma ou duas rondas de predação/reprodução simule uma alteração ambiental que resulte num meio homogêneo. Repita todo o jogo neste meio. Veja e discuta a diferença de resultados.

Use as alterações ao jogo propostas e discuta exemplos reais (por ex.: a crise da batata na Irlanda do séc. XIX, a deflorestação, as monoculturas).

1º Ciclo: procure exemplos de mimetismo e, usando essas imagens, peça aos seus alunos para encontrarem o ser vivo no seu meio.

2º Ciclo: peça aos seus alunos que pensem noutras formas de um ser vivo escapar aos seus predadores. Procure exemplos no meio natural.

3º Ciclo: debata com os seus alunos a importância da preservação da diversidade genética intra-específica para a sobrevivência das espécies quando o meio se altera e discuta o conceito de extinção das espécies.

Secundário: no final do jogo-base, coloque as *pintarolas* sobreviventes noutra cesta com o meio de outra cor. Em alternativa, reinicie o jogo com outras cores e frequências (por exemplo: 1 da cor do meio e 3 de outras três cores ou exclua *pintarolas* da cor do meio). Continue o jogo como descrito. No final, aponte os resultados e compare-os com os do primeiro jogo. Observe as diferenças entre o número de sobreviventes em cada meio e discuta o seu significado do ponto de vista da evolução, adaptação e probabilidade de extinção dessa população/espécie. Discuta as diferentes formas que o Homem encontrou para preservar populações de espécies ameaçadas (por exemplo: criação de parques naturais, repovoamento partindo de populações naturais ou repovoamentos partindo de populações de cativeiro), focando a discussão na diversidade genética intra-específica.

3. Deriva Genética

3.1. INTRODUÇÃO

A descoberta das leis da hereditariedade e o desenvolvimento dos modelos de genética populacional vieram demonstrar que, ao longo das gerações, ocorrem variações na frequência das características hereditárias de forma totalmente aleatória. Este mecanismo evolutivo foi descrito por Wright, em 1931, e designa-se Deriva Genética.

A deriva genética é em tudo semelhante ao efeito de amostragem. Quanto menor for o tamanho da amostra, maior é a alteração da frequência esperada em relação à geração anterior. Assim, o impacto da deriva genética é maior em populações com poucos indivíduos. Por exemplo, em situações de redução drástica do tamanho de uma população (efeito de gargalo ou *bottleneck*) ou aquando da colonização de novas áreas por poucos indivíduos (efeito fundador), a deriva genética pode alterar rapidamente as frequências das características das populações.

Ao contrário da selecção natural, a deriva genética não causa necessariamente adaptação ao meio nem maior sucesso reprodutivo: os seus efeitos podem ser neutros, aumentar ou mesmo diminuir a viabilidade ou o sucesso reprodutivo dos indivíduos. São exemplos dos efeitos da deriva genética em populações humanas a elevada frequência de polidactilia em populações Amish dos EUA ou a elevada frequência de daltonismo nos habitantes da ilha Pingelap.

3.2. OBJECTIVOS

Com esta actividade pretende-se que os alunos percebam o mecanismo de evolução por deriva genética, o seu impacto na composição genética das populações e de que forma pode causar divergência entre populações/espécies. Pretende-se ainda que os participantes se apercebam dos impactos que as actividades humanas podem ter na diversidade genética de uma espécie.

3.3. ACTIVIDADE

Material necessário:

- pano (aproximadamente 25x25cm)
- borboletas com forma igual mas cores diferentes (5 cores; 20 a 30 borboletas de cada cor)
- tira de pano preto (aproximadamente 5x25cm)
- dois sacos opacos
- escavadora e casas de brincar (opcional)

Conceitos:

- as borboletas representam indivíduos de uma espécie com variação de cor
- o pano representa o habitat das borboletas
- a tira de pano preto (estrada) representa uma alteração na distribuição da espécie (neste caso, uma fragmentação do habitat)
- os sacos permitem assegurar a aleatoriedade na sobrevivência e reprodução dos indivíduos
- (- as casas poderão ser colocadas em lados opostos do pano, simulando duas povoações, e a escavadora poderá ser usada na “construção” da estrada)

O Jogo:

Comece por separar 6 borboletas de cada cor, misturá-las e espalhá-las pelo habitat.

No centro do pano, simule a construção de uma estrada, colocando a tira de pano preto. Neste processo, deverão ser eliminadas todas as borboletas que se encontrem na área da construção. Chame a atenção para a aleatoriedade deste processo. Observe e registre as cores das borboletas que ficam de cada lado da estrada, comparando as frequências das cores entre as duas populações e entre estas e a população original.

Simule a reprodução aleatória destes indivíduos colocando cada conjunto de borboletas dentro de cada um dos sacos opacos e pedindo a um aluno que retire metade do número de borboletas que lá foi colocado. Estas últimas borboletas representam os indivíduos que se reproduziram, pelo que o seu número deverá ser duplicado (ou seja, cada borboleta que se reproduz tem dois filhos com as suas cores e morre). Repita os ciclos de reprodução até ser visível a alteração da frequência das cores relativamente às frequências iniciais ou até se verificar a fixação de uma das cores.

Nota: As borboletas não deverão ter a mesma cor do pano (para evitar confusões com mimetismo e selecção natural). O efeito da deriva nas alterações

fenotípicas pode ser acelerado se se diminuir o número de indivíduos que se reproduzem (que se retiram de dentro do saco) em cada ciclo de reprodução





3.3.1. Sugestões pedagógicas

Como alternativa à fragmentação do habitat, o jogo pode ser feito simulando a colonização de uma ou mais ilhas com diferentes áreas. Neste caso, coloque todas as borboletas dentro de um dos sacos opacos e peça a um dos alunos que retire 5 borboletas, que serão as borboletas que irão colonizar a ilha. A partir daqui, simule o processo de reprodução como descrito.

Discuta o facto de todos os indivíduos da população inicial se encontrarem igualmente adaptados ao meio e do resultado final (a alteração das frequências das cores, quer devido à destruição do habitat quer durante os ciclos de reprodução) se dever exclusivamente ao acaso.

Para realçar a aleatoriedade do processo de alteração das frequências das cores entre as populações, repita o jogo seguindo exactamente as mesmas instruções. Provavelmente o resultado final será diferente.

Realçar o facto de as populações se encontrarem isoladas umas das outras. Discuta a possibilidade de os indivíduos das duas populações se voltarem a encontrar: seriam capazes de se 'reconhecer'?

1º e 2º Ciclos: No final de cada ciclo de reprodução, represente o número de indivíduos num gráfico de barras; repita o jogo. Discuta as flutuações observadas.

3º Ciclo: Repita o jogo acentuando drasticamente a diferença de tamanho das duas populações que sobrevivem à destruição do habitat (ex.: 6 indivíduos numa população e 30 na outra). Observe e registe as diferenças nas alterações da frequência de cores e na diversidade genética de cada população. Discuta a relação entre o tamanho da população e a magnitude do efeito da deriva genética usando exemplos verídicos (por exemplo, o coelho do Porto Santo ou a hemofilia na descendência da rainha Vitória de Inglaterra).

Secundário: Utilize as sugestões de alteração do jogo e discuta os impactos que o Homem provoca no ambiente e de que forma estes podem alterar a possibilidade de sobrevivência das espécies (foque a redução de diversidade genética observada de forma mais drástica nas populações que sofreram uma maior redução do seu efectivo populacional).

4. Sistemática – da classificação à Evolução

4.1. INTRODUÇÃO

A classificação do mundo natural é essencial para uma eficaz comunicação entre os seres humanos, permitindo condensar grande quantidade de informação numa única palavra. Relativamente aos seres vivos, o sistema de classificação actualmente usado baseia-se no sistema proposto por Carl Linnaeus, na sua célebre obra *Systema Naturæ* (1735). Este sistema de classificação hierárquico agrupa os seres vivos de acordo com as suas características, em categorias cada vez mais abrangentes: Espécie, Género, Família, Ordem, Classe, Filo e Reino.

As características das espécies reflectem a sua história evolutiva, uma vez que muitas das características partilhadas por duas espécies resultam da sua evolução a partir do mesmo ancestral. Como exemplo, as características partilhadas por todos os mamíferos (como o pêlo e as glândulas mamárias) estariam presentes no ancestral comum deste grupo. Quanto mais recente é o ancestral comum entre duas espécies, maior será a semelhança entre estas; consequentemente, mais baixa será a categoria taxonómica que as duas espécies partilham. Assim, os humanos (género *Homo*, família *Hominidae*, ordem dos *Primates*, Classe dos *Mamíferos*) possuem mais características em comum com o chimpanzé (género *Pan*, família *Hominidae*, ordem dos *Primates*, Classe dos *Mamíferos*) do que com o lobo (género *Canis*, família *Canidae*, ordem dos *Carnívoros*, Classe dos *Mamíferos*) por partilharem um ancestral comum mais recente com os primeiros do que com os segundos.

A representação hierárquica dos agrupamentos taxonómicos obtidos através da observação das características das espécies pode ser convertida numa árvore que representa as relações evolutivas entre estas. Este tipo de representação é designado de “árvore filogenética” (ver exemplo no anexo 6).

4.2. OBJECTIVOS

Com esta actividade pretende-se que os alunos sejam capazes de reconhecer a grande diversidade de espécies existentes no planeta, de as

identificar e classificar de acordo com as suas características e de nomear diferenças e semelhanças entre espécies. Pretende-se igualmente que percebam que a diversidade de espécies e as suas características resultam do processo de evolução ao longo dos tempos, que uma árvore evolutiva representa o grau de “parentesco” histórico das diferentes espécies e que a evolução não tem um sentido definido (nem tende para o ser humano).

4.3. ACTIVIDADE

Material necessário:

- cartões com imagens de diversas espécies de seres vivos (os cartões podem ser descarregados em https://dl.dropboxusercontent.com/u/206969216/cartoes_especies_sistemica.pdf)
- papel e lápis
- árvore filogenética, isto é, diagrama das relações evolutivas entre as espécies representadas nos cartões (anexo 6; note que apenas alguns ramos da árvore da vida estão representados e que o comprimento destes não é proporcional ao tempo)

Conceitos:

- os cartões representam algumas das espécies de seres vivos que habitam o planeta Terra
- a formação de grupos representa a taxonomia (descrição e classificação dos seres vivos)
- a árvore dos grupos representa a filogenia (relações evolutivas)

Antes da actividade:

Familiarize-se com as espécies, suas principais características e relações de proximidade evolutiva (ver árvore; anexo 6).

O jogo:

Peça aos alunos que olhem para os cartões e que os agrupem dois a dois, de forma a que cada grupo seja constituído por duas espécies que apresentem maiores semelhanças entre si do que com as restantes espécies. Para cada par de cartões, questione os alunos sobre as características partilhadas pelas espécies e encaminhe a discussão de modo a chegarem aos grupos taxonómicos correctos (ver árvore fornecida). Registe os grupos formados e as suas características.

Depois, peça aos alunos que formem sete grupos (ver anexo 6) de forma a que as espécies de cada novo grupo formado partilhem mais semelhanças

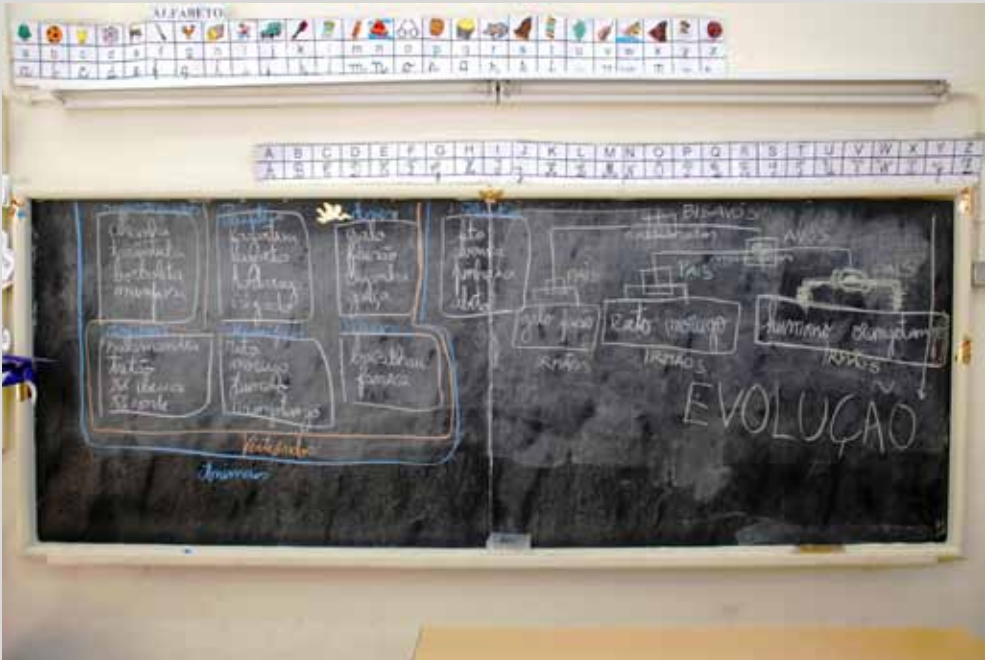
entre si do que com as espécies dos restantes grupos. Questione novamente os alunos sobre quais as características partilhadas por estas espécies. Registe os grupos formados e as características de cada um destes. Repita este processo as vezes necessárias até todas as espécies estarem agrupadas.

Pergunte aos alunos porque é que eles acham que existem espécies que apresentam maiores semelhanças entre si do que com outras espécies e porque é que é possível agrupar espécies de forma hierárquica.

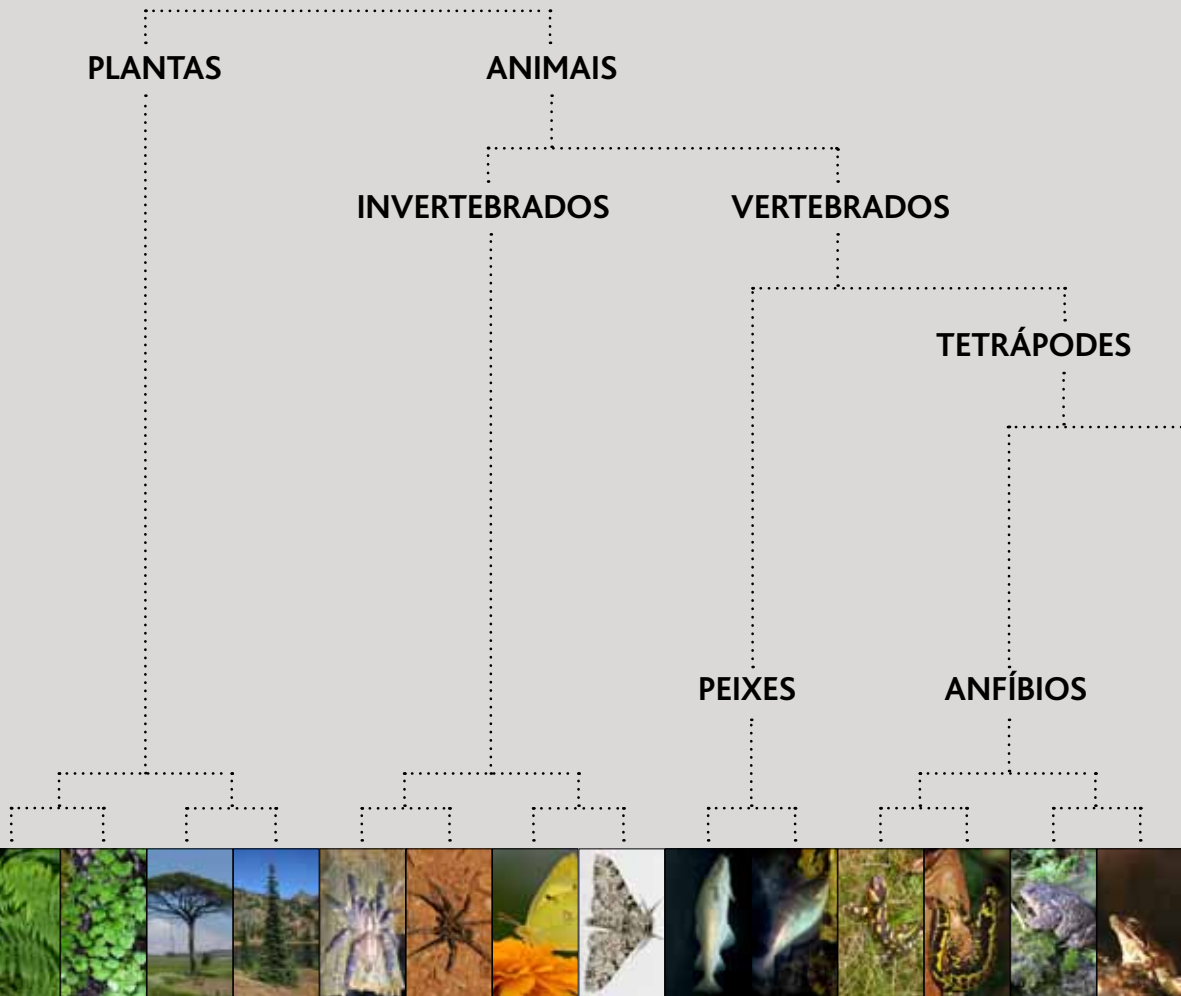
Represente alguns dos agrupamentos formados sob a forma de árvore usando um esquema semelhante ao da árvore genealógica (por exemplo, os quatro anfíbios e os dois mamíferos representados no anexo 6). Faça-os notar que, tal como numa árvore genealógica, quanto mais recente for o ancestral comum mais semelhantes serão as espécies (por exemplo, o ancestral comum dos quatro anfíbios é mais recente do que o ancestral que estas espécies partilham com as duas espécies de mamíferos). Oriente o debate para que os alunos compreendam que as semelhanças entre espécies dependem do seu grau de parentesco evolutivo.

Relembre os mecanismos de deriva genética e selecção natural e de que forma estes podem conduzir à formação de grupos de indivíduos distintos a partir de uma mesma população e debata com os alunos as consequências destes processos evolutivos ao longo do tempo.

Na página seguinte, na fotografia de baixo, a representação dos agrupamentos contém um erro: os morcegos são filogeneticamente mais próximos dos humanos e dos gorilas que dos ratos. Para estar correcta, onde se lê morcego deverá ler-se, por exemplo, coelho.



ANEXO 6
Árvore filogenética



AMNIOTAS

DIAPSIDA

RÉPTEIS

AVES

MAMÍFEROS



4.3.1. Sugestões pedagógicas

Realize esta actividade depois de visitar um jardim ou espaço natural. Utilize essa visita como base para discutir com os alunos as características dos distintos seres vivos.

Tendo sempre presente que a manipulação de seres vivos não pode por em causa o seu bem-estar e sobrevivência, permita que os alunos manipulem seres vivos para que se apercebam melhor das suas características. Complemente esta observação realizando, por exemplo, disseções em diferentes peixes comprados em peixarias.

1º Ciclo: utilize os cartões para exemplificar figuras geométricas (por exemplo, desenhar uma aranha a partir de um círculo e segmentos de recta), comparar grandezas (por exemplo, os tamanhos relativos das espécies) ou discutir a importância de classificar o que nos rodeia;

2º Ciclo: substitua as imagens por preparações frescas de células eucarióticas vegetais (por exemplo, epiderme de cebola e folha de elódea) e animais (por exemplo, esfregaço de epitélio bucal/língua dos seus alunos e de, por exemplo, um cão) e peça aos seus alunos para discutir as suas semelhanças e diferenças e para as agrupar;

3º Ciclo: discuta com os seus alunos a distribuição biogeográfica das espécies e relacione essa distribuição com as grandes etapas da história da Terra; inclua na discussão exemplos de fósseis que sejam ancestrais de grupos actuais e peça aos seus alunos que coloquem esses fósseis na árvore;

Secundário: escolha espécies que permitam discutir os conceitos de homologia/analogia e órgãos vestigiais; utilize as espécies extra fornecidas no documento com os cartões com as imagens representadas no anexo 6 para discutir agrupamentos mais complexos e as dificuldades encontradas na classificação e designação de muitos grupos taxonómicos. Para ajudar esta discussão, sugere-se a consulta do website do projecto “Árvore da Vida” (Tree of Life; <http://tolweb.org>).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alters B.J., Nelson C.E. (2002). Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution* **56**(10): 1891-1901.

Bull J.J., Wichman H.A. (2001). Applied Evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **32**: 183-217.

Campos R., Sá-Pinto A. (2013). Early evolution of evolutionary thinking: teaching biological evolution in elementary schools. *Evolution: Education and Outreach* **6**: 25.

Carrada G. (2006). *Communicating Science - A scientist's survival kit*. European Union. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. Disponível em http://ec.europa.eu/research/science-society/pdf/communicating-science_en.pdf.

Darwin C.R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London.

Darwin C., Wallace A.R. (1858). On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection. *Journal of the Proceedings of the Linnean Society, Zoology*, **20**: 45-62.

Dobzhansky T. (1973). Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution. *The American Biology Teacher*, **35**: 125-129

Futuyma D.J. (1999). *Evolution, science and society: evolutionary Biology and the national research agenda*. The State University of New Jersey, New Brunswick, NJ. Disponível em <http://people.bu.edu/cschneid/BI504/Readings/EvolutionWhitepaper.pdf>

Linnaeus C. (1735). *Systema naturæ, sive regna tria naturæ systematice proposita per classes, ordines, genera, & species*. pp.13. Lugduni Batavorum, Haak.

Macfadden B.J. (2008). Evolution, museums and society. *Trends in Ecology and Evolution* **23**(11): 589-591.

Martins I.P., Veiga M.L., Teixeira F., Tenreiro-Vieira C., Vieira R.M., Rodrigues A.V., Couceiro, F. (2007). Explorando Educação em Ciências e Ensino Experimental. Formação de Professores. Ministério da Educação, Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2ª Edição.

Mendel G. (1866). Versuche über Pflanzen-hybriden. *Verhandlungen des naturforschenden Ver-eines in Brünn, Bd. IV für das Jahr 1865, Abhand-lungen*, 3-47.

Wright S. (1931). Evolution in the Mendelian populations. *Genetics*, **16**, 97-159.

