

Atuação da seleção natural em populações: modelo didático para estudo de evolução*

**Natácia E. Lima^{1,2}, Mariane B. Sobreiro^{1,3},
Lucas D. Vieira^{1,2}, Rosane G. Collevatti^{1,2}**

¹ Laboratório de Genética & Biodiversidade, ICB, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia

² Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, ICB, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia

³ Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia

Autor para correspondência - rosanegc68@hotmail.com

Palavras-chave: modelo didático, ensino de genética, fatores ambientais e sobrevivência, seleção natural

* Material didático desenvolvido na disciplina de Ecologia Molecular do curso de graduação em Ecologia e Análise Ambiental da Universidade Federal de Goiás. A atividade foi coordenada pela Professora Rosane Garcia Collevatti em conjunto com a bolsista PNPd - CAPES, Natácia Evangelista de Lima, e também incluída como aula prática no Estágio de Docência (bolsistas CAPES/UFG) dos doutorandos Mariane B. Sobreiro e Lucas D. Vieira dos Programas de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e Genética e Biologia Molecular respectivamente.

A possível influência de fatores ambientais para a sobrevivência diferencial de genótipos em populações é o assunto desenvolvido relativo à temática sobre seleção natural e mudanças evolutivas.

Uma espécie de ave com diferentes formatos de bicos adaptados para o consumo de frutos de tamanhos variados e quatro cenários hipotéticos para diferentes fenótipos de pássaros e sementes foram simulados para o estudo de fatores ambientais que afetam a eficiência de sobrevivência de indivíduos de uma população.

A atividade pode ser complementar à exposição do assunto, oferecendo uma prática aplicável para o ensino médio e superior. A prática está, também, adaptada e validada para ser realizada por pessoas com restrição motora relativa às mãos.



FUNÇÃO PEDAGÓGICA

A seleção natural é a sobrevivência e a reprodução diferencial dos organismos em um determinado ambiente. Esta sobrevivência e reprodução diferencial são resultados de diferenças ou variações genéticas entre os indivíduos de uma população expressas em seus **fenótipos**. A variação genética entre os indivíduos é gerada por mutações, como consequência de erros não reparados no processo de replicação do DNA. Quando ocorre uma mutação, um novo **alelo** é gerado na população. Se esse alelo resultar em um fenótipo vantajoso em um determinado ambiente, ele poderá permanecer na população e aumentará sua frequência em sucessivas gerações por meio da seleção natural. Se o novo alelo resultar em um **fenótipo deletério**, então o indivíduo que o possui contribuirá menos ou não contribuirá com o **pool gênico** da próxima geração e, portanto, sua frequência diminuirá ao longo do tempo por seleção natural. A sobrevivência diferencial implica em quão precisamente adaptado é um indivíduo ao ambiente em que vive. As **adaptações** são bem ajustadas à sua função, sendo a variação adaptativa fator de relevância para a viabilidade em longo prazo de uma população. A seleção natural não gera novas características, somente altera a proporção daquelas já existentes, pois atua sobre os indivíduos e, portanto, só permite que os organismos se adaptem ao seu ambiente presente. Dessa forma, durante o **processo evolutivo**, a seleção natural manifesta-se sobre os diferentes indivíduos e seus fenótipos e, por consequência, sobre as populações modificando as frequências alélicas e fenotípicas. Tal processo pode ocorrer em diferentes níveis, como nos **genes**, nos indivíduos, nas populações e nas espécies.

Para compreender como esses processos de reprodução e sobrevivência diferencial de **genótipos**, expressos em características fenotípicas, podem levar às mudanças nas frequências desses fenótipos nas populações ao longo do tempo, é simulada uma atividade prática lúdica, composta por quatro cenários de disponibilidade de alimentos para populações de uma espécie de ave hipotética, a *Bicadores selectus*. A espécie possui indivíduos com diferentes formatos de bicos, que apresentam diferentes habilidades para consumirem sementes de tamanhos variados. Os estudantes deverão identificar se os fatores ambientais (período de seca e período chuvoso) influenciam na disponibilidade de recurso alimentar (sementes) e se afetam o sucesso de sobrevivência de indivíduos dentro de uma população, considerando que o sucesso de sobrevivência é diretamente proporcional ao sucesso no consumo de sementes. Os estudantes deverão também acompanhar e interpretar o sucesso dos diferentes fenótipos das aves em consumirem as sementes. Além disso, a atividade foi desenvolvida com o intuito de permitir a participação de estudantes com limitação motora das mãos, para os quais apresentamos o uso de material simples e acessível, que poderá ser confeccionado pelo

Fenótipo: conjunto de características morfológicas, fisiológicas, comportamentais e moleculares de um organismo.

Fenótipo deletério: fenótipo que causa uma diminuição no **valor adaptativo** do indivíduo.

Valor adaptativo: ou aptidão é o número médio de descendentes gerados por um indivíduo com um determinado genótipo, relativo ao número produzido por indivíduos com o genótipo mais adaptado.

Genótipo: constituição genética (alelos) de um indivíduo para um **locus**.

Locus: região específica do DNA onde se localiza um gene.

Alelos: diferentes formas de um mesmo gene.

Pool gênico: conjunto de todos os alelos diferentes nos indivíduos que se reproduzem em uma população em um dado momento.

Adaptação: Ajuste de um organismo ou de uma população a um ambiente.

Evolução: mudança na frequência alélica entre as gerações, ou mudanças nos organismos em suas características hereditárias ao longo do tempo, ou ainda, descendência com modificação.

Gene: região do DNA que codifica um RNA. Segmento da cadeia de DNA responsável pela herança de características hereditárias.

professor ou pelos alunos, de forma que a dinâmica possa ser desenvolvida em qualquer instituição de ensino médio ou superior. Essa prática foi validada por um estudante com limitação motora fina das mãos. O material adaptado permitiu sua participação satisfatória na atividade. Uma atividade sobre seleção natural atuando sobre diferentes fenótipos em uma população, utilizando os tentilhões do Arquipélago de Galápagos foi proposta por Mori e colaboradores (MORI et al. 2006) e pode também contribuir para o entendimento da seleção natural.

Para resolver a proposta os estudantes deverão:

1. Analisar os quatro cenários de populações de *Bicadores selectus* apresentados no Painel 1.
2. Identificar, no Painel 1, a variação fenotípica dos bicos de *B. selectus* e a variação de tamanho e formato das sementes, além de averiguar a adaptação dos bicos a cada um dos tipos de sementes disponíveis em cada população. Estudar a forma dos bicos no Painel 2A - 2C.
3. Alimentar-se das sementes com os bicos, contar o número de sementes de cada formato anotando no Painel 3 e construir gráficos contendo o número médio de sementes consumidas por cada um dos quatro tipos de bicos no Painel 4.
4. Verificar se os fatores ambientais afetam o sucesso de sobrevivência de indivíduos de uma população.
5. Acompanhar e interpretar o sucesso de diferentes fenótipos de pássaros e sementes, com base nos dados simulados à luz dos conteúdos de adaptação e seleção natural.

PROBLEMA PROPOSTO

Obter energia é uma necessidade básica para a manutenção da vida dos organismos. A eficiência de um animal em consumir um alimento depende de vários fatores, mas, de uma forma geral, é condicionada ao tipo de características que ele possui, como a anatomia e morfologia de seu corpo, e o tipo de recurso disponível na natureza. Na

ausência de “ferramentas” adequadas, o animal não consegue alimentar-se, e sem a disponibilidade de alimentos apropriados, as “ferramentas” são ineficazes. O ajuste fino entre esses dois fatores permite que o indivíduo, ao se alimentar adequadamente, seja saudável e possa transmitir seus genes para a próxima geração. Dessa forma, indivíduos que se alimentam mais, obtêm mais energia e, conseqüentemente, podem ter maior probabilidade reprodutiva que indivíduos que se alimentam menos.

Os resultados advindos da dieta da espécie hipotética da ave *Bicadores selectus* em diferentes cenários ecológicos e evolutivos de suas populações é o foco das análises e suas interpretações. Essa espécie hipotética é endêmica de florestas de galeria do bioma Cerrado, alimenta-se de sementes de diferentes espécies de plantas e possui variações fenotípicas entre os indivíduos no tamanho e forma de seus bicos. Como consequência, há uma variação na habilidade dos indivíduos para consumirem tipos específicos de sementes que correspondem aos formatos de seus bicos.

A dinâmica climática determinada pela Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), caracterizada por variações térmicas no Oceano Pacífico, resulta em mudanças climáticas com alterações no regime pluviométrico que ocorrem em intervalos de mais ou menos vinte anos. Antes de a ODP modificar o regime das chuvas na área de distribuição da espécie em estudo, as populações de *B. selectus* estiveram sob forte influência de um ano predominantemente seco. A seca favoreceu elevada produção de sementes de tamanhos grandes e médios e baixa produção de sementes pequenas nas comunidades de plantas. Portanto, para o “Ano 1” (seca) do nosso estudo de caso, havia mais disponibilidade de sementes maiores e menor disponibilidade de sementes menores. Por outro lado, com a influência da ODP, no “Ano 2” (chuva), as chuvas aumentaram levando a uma redução na produção de sementes maiores e um aumento na produção de sementes menores. Assim, para o “Ano 2”, verifica-se um padrão de produção de sementes oposto ao “Ano 1”.

Como as populações são amplamente distribuídas e, portanto, sujeitas à variação em sua composição fenotípica, as observações centram-se em quatro cenários, em quatro populações distintas de *B. selectus*, descritos a seguir (Painel 1):

Cenário 1: A população de *B. selectus* é composta por indivíduos com quatro fenótipos distintos de bicos (tipo 1, 2, 3 e 4) e há disponibilidade de quatro tipos de sementes adequadas para cada uma dessas “ferramentas”; porém, no ano de seca existe maior quantidade de sementes grandes (“marshmallow” e “goma”) e menor de sementes pequenas (“macarrão” e “clipe”), enquanto um padrão oposto é verificado para o ano chuvoso. Neste cenário, o número de sementes no Ano 1 e 2 (seca / chuva) é: “marshmallow” e “goma” (16 / 8); “macarrão” e “clipe” (8 / 16).

Cenário 2: É composto por uma população que possui variação de tamanho ou forma de bico (tipo 1, 2, 3 e 4). Para o “Ano 1”, a produção das sementes pequenas dos tipos “macarrão” e “clipe” é bem baixa, sendo a última de consumo exclusivo de indivíduos com bico tipo 4. No “Ano 2”, caracterizado por época chuvosa, as espécies de plantas tipo “macarrão” e “clipe” têm sua produção favorecida e as plantas com sementes maiores (“marshmallow” e “goma”) não conseguem produzir sementes. Neste cenário, o número das sementes no Ano 1 e 2 (seca / chuva) é: “marshmallow” e “goma” (16 / 0); “macarrão” e “clipe” (4 / 16).

Cenário 3: É composto por uma população que não possui variação de tamanho ou forma de bico, contendo somente indivíduos com fenótipo do tipo 4, aptos a se alimentarem somente de sementes “clipe”. Neste cenário, para o “Ano 1”, a produção de sementes pequenas dos tipos “macarrão” e “clipe” é muito baixa, mas são favorecidas no “Ano 2” com o aumento das chuvas. Neste cenário, o número das sementes no Ano 1 e 2 (seca / chuva) é: “marshmallow” e “goma” (16 / 8); “macarrão” e “clipe” (4 / 16).

Cenário 4: É composto por população que possui bico de fenótipo único (tipo 1),

mais apto a consumir sementes maiores do tipo “marshmallow” e “goma”, que são as mais abundantes no “Ano 1”, de clima predominantemente seco. Pela mesma razão que nos “Cenários 2 e 3” para esta região, no “Ano 1”, a produção de sementes “macarrão” e “clipe” é baixa. Neste cenário, o número das sementes no Ano 1 e 2 (seca / chuva) é: “marshmallow” e “goma” (16 / 0); “macarrão” e “clipe” (4 / 16).

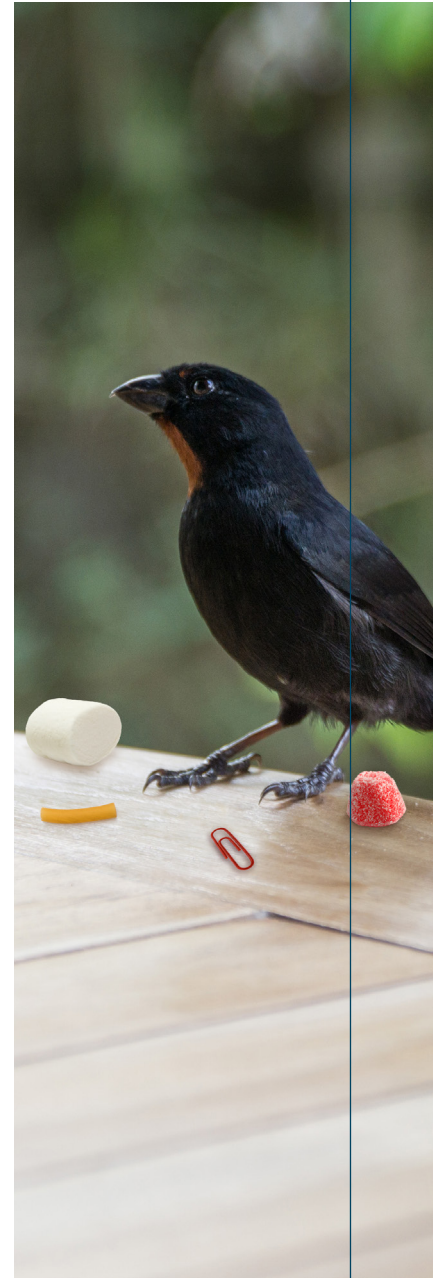
Cada um destes cenários é constituído por populações, e cada população é composta por quatro indivíduos (estudantes). O número de populações é variável conforme o número de estudantes na classe. Cada estudante escolhe um bico e assume a função de alimentar-se com tal “ferramenta”. Os grupos anotam os resultados e a partir dos dados gerados estarão aptos a responderem questões e interpretar as respostas concernentes ao conteúdo de seleção natural e adaptação.

INSTRUÇÕES PARA O PROFESSOR

Preparo da atividade

O preparo da atividade é de baixo custo e, os itens empregados, de fácil obtenção, considerando o tipo de material empregado na construção dos cenários. Os recursos materiais a serem utilizados nessa prática didática são:

- ♦ Papel sulfite para construção dos bicos: folha inteira para os tipos 1 e 2 e um quarto de uma folha inteira para o tipo 3. As instruções para a confecção dos bicos estão no Painel 2A – 2B;
- ♦ Palito de picolé, imã e cola quente (ou super colante) para construção do bico tipo 4. Esta é a ferramenta desenvolvida para estudantes que tenham limitação motora fina nas mãos e a instrução para sua confecção consta no Painel 2C;
- ♦ Copos para representarem os estômagos de cada um dos indivíduos de *B. selectus*;
- ♦ Marshmallow, goma, macarrão quebrado com aproximadamente cinco cm e clipe pequeno com cerca de um cm para representarem as sementes da dieta de *B. selectus* – a indicação do número de itens alimentares de cada cenário encontra-se na descrição dos cenários e no Painel 1;



- ♦ Bandejas de papel para representarem a área de ocorrência de cada população e das sementes – local para alocar os itens alimentares a serem consumidos pelas aves, representadas pelos estudantes.

O professor pode adaptar a proposta à realidade escolar, mas recomendamos que mantenha a proporção da quantidade e tamanho dos itens alimentares: marshmallow, goma, macarrão e clipe. Os bicos tipo 1, 2, e 3 são confeccionados a partir de dobraduras com papel sulfite, e o bico tipo 4 é construído com a colagem de imã em palito de picolé. O passo a passo instrucional para montagem dos bicos consta no Pannel 2. Recomenda-se que o professor desenvolva a dinâmica em turmas que tiveram um contato prévio mínimo com a teoria de seleção natural. Seguem as sugestões:

1. A atividade é conduzida em grupos de quatro estudantes, ou múltiplos de quatro, correspondendo aos quatro tipos de bicos;
2. Cada grupo é considerado uma população descrita por um dos cenários apresentados – 1, 2, 3 ou 4 – e o número de populações para cada cenário é dependente da quantidade de estudantes na turma;
3. Levar para a sala de aula dois saquinhos, por cenário, identificados como “Ano 1 - seca” e “Ano 2 - chuva”, preparados com as sementes e tipos de bicos próprios, além dos copos para simbolizarem os estômagos (onde as sementes serão depositadas para posterior contagem) e das bandejas para representarem as áreas de ocorrências das aves (onde serão colocadas as sementes para os estudantes simularem a alimentação de *B. selectus*);
4. Indicar quais grupos correspondem a cada um dos cenários propostos e qual o controle de tempo do “consumo” das sementes (por 30 segundos);
5. As “populações” de *B. selectus* recebam as cópias do procedimento para realizar a atividade (Pannel 1), das planilhas para preencherem os dados de simulação (Painéis 3 e 4) e das questões a serem respondidas.

6. Discutir os resultados e a interpretação do que foi verificado para os quatro cenários ecológicos evolutivos de *B. selectus*.

PROCEDIMENTOS

A. Distribuição do Material

As populações de *Bicadores selectus* (os grupos de estudantes) são compostas por quatro indivíduos (ou múltiplos de quatro) e são descritas por um cenário específico (Pannel 1). Cada grupo recebe:

1. Uma cópia de cada painel (material do Apêndice): Pannel 1 - descreve os cenários; Pannel 3 - contém as tabelas para preencher o número de sementes consumidas por cada tipo de bico em cada ano (“Ano 1” e “Ano 2”) e Pannel 4 - possui a área para construir o gráfico que descreverá o número de sementes consumidas por cada tipo de bico em cada ano.
2. Dois sacos devidamente identificados, com o cenário e o período (“Ano 1” e “Ano 2”), contendo os bicos e as sementes.
3. Um copo plástico ou recipiente para cada indivíduo do grupo, correspondente ao estômago da ave no qual o estudante depositará a semente que for capturada pelo bico.
4. Uma bandeja onde serão alocadas as sementes do cenário para serem coletadas pelos estudantes.

B. Atuação dos estudantes

1. Ler com atenção o tema proposto.
2. Observar os cenários com a distribuição dos bicos e sementes no Pannel 1.
3. Escolher uma população (grupo) e o bico de *B. selectus*. Os bicos não podem ser trocados entre os estudantes (aves) ou entre os grupos (populações). Para os cenários com tipo único de bico, nomear cada indivíduo da população (grupo de estudantes) como “a”, “b”, “c” e “d”.
4. Espalhar primeiro na bandeja as sementes contidas no saco identificado como “Ano 1 - seca”, obedecendo as proporções contidas no Pannel 1.

5. O estudante deve ficar atento ao início e ao fim do tempo para pegar as sementes. O tempo de alimentação será de 30 segundos. Cada estudante deverá pegar uma semente de cada vez e colocar no recipiente, correspondente ao estômago da ave (copo). O bico do tipo 4 poderá pegar todas as sementes e depositar no “estômago” no final do tempo de alimentação. O copo deve permanecer imóvel sobre a mesa e, em hipótese alguma, deve ser removido. Os bicos não devem ser perfurados ou ter sua forma alterada durante a prática, assim como as sementes.
6. Ao final, o estudante deverá contar o número de cada tipo de semente(s) que foi consumido por seu bico e registrá-lo na tabela de dados (Painel 3A). A ave que não consumir nenhuma semente é eliminada da população para a próxima rodada (“Ano 2”), anotando zero sementes consumidas no Painel 3A. Se a ave não consumir pelo menos uma semente adaptada a seu bico também é extinta da população.
7. Antes de iniciar os procedimentos para o “Ano 2”, as sementes que sobraram da primeira simulação devem ser retiradas da bandeja e os recipientes (estômagos) esvaziados para que as sementes correspondentes à próxima simulação possam ser espalhadas na “área de ocorrência” e depositadas no “estômago”. Posteriormente, os procedimentos 4, 5 e 6 devem ser repetidos, obedecendo às instruções para o “Ano 2 - chuva” referente a seu cenário, e os valores obtidos também preenchidos no Painel 3A.
8. Os grupos correspondentes às populações que compartilhem o mesmo cenário devem reunir-se e fazer a média do número de sementes consumidas por cada tipo de bico e preencher os valores médios no Painel 3B.
9. A partir das médias do Painel 3B, os estudantes devem construir os gráficos para os cenários avaliados, correspondendo aos períodos de seca (“Ano 1”) e chuva (“Ano 2”) (Painel 4). No gráfico, os estudantes poderão observar as diferenças nas proporções consumidas de cada semente por tipo de bico nos dois anos.
10. Após compararem os gráficos correspondentes aos quatro cenários elaborados pela turma, os estudantes devem responder as questões da seção “Entendendo a atividade” e discutir os resultados com o professor e colegas.



REGISTRO DE DADOS E RESULTADOS PARA ANÁLISE E DISCUSSÃO

Para melhor interpretação e compreensão dos aspectos biológicos dos dados simulados, fazer os seguintes registros:

1. Construir os gráficos para cada cenário e verificar as proporções encontradas para o consumo de alimento correspondente a cada tipo de bico avaliado.

2. Qual(is) tipo(s) de bico(s) de *Bicadores selectus* parece(m) ser mais adaptado(s) para consumir:

Marshmallow: _____

Goma: _____

Macarrão: _____

Clipe: _____

3. Qual(is) tipo(s) de bico(s) de *Bicadores selectus* parece(m) ser menos adaptado(s) para consumir:

Marshmallow: _____

Goma: _____

Macarrão: _____

Clipe: _____

4. Descrever textualmente o que você observou em cada cenário, baseando-se nos resultados anotados nos Painéis 3 e 4:

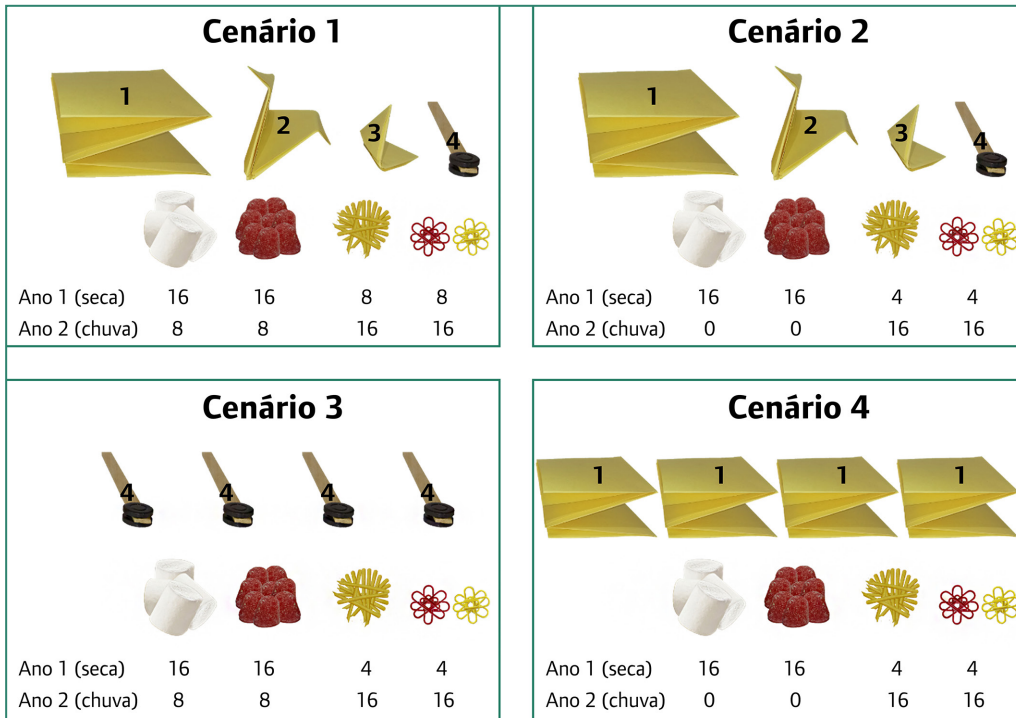
Cenário 1: _____

Cenário 2: _____

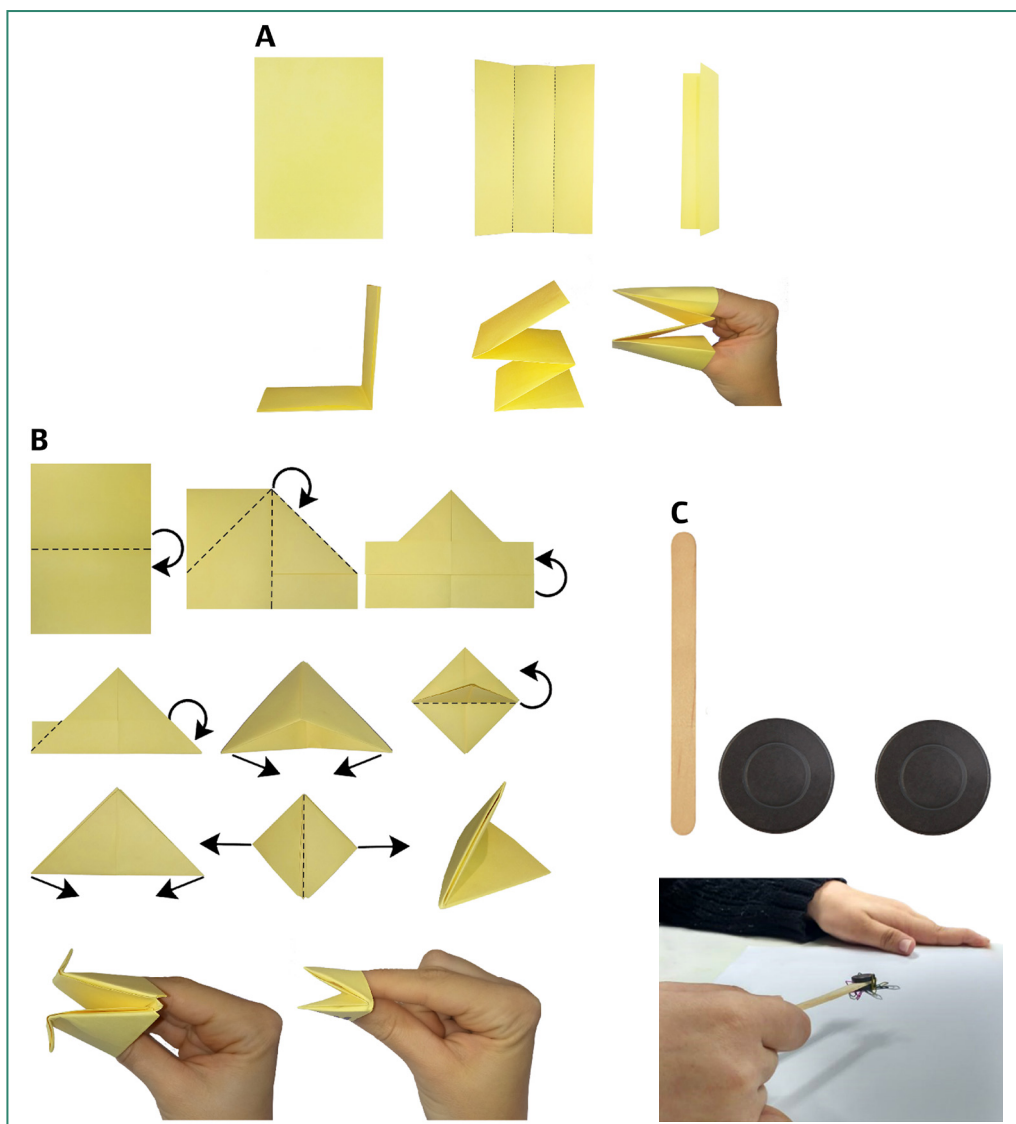
Cenário 3: _____

Cenário 4: _____

5. Pela simulação dos quatro cenários em aula, verificar as diferenças nas respostas das populações de *Bicadores selectus* às mudanças no clima seco ("Ano 1") e no chuvoso ("Ano 2") em cada cenário. Com base nos resultados apresentados no gráfico elaborado no Painel 4, e nas diferenças entre os cenários (Painel 1), explicar por que as populações responderam de forma diferente às consequências geradas pelas mudanças no clima.







Painel 1. Representação gráfica dos quatro cenários ecológicos e evolutivos para *Bicadores selectus*. Cada cenário indica a composição fenotípica dos bicos dos indivíduos (tipo 1, 2, 3 e 4); e ilustra para o “Ano 1” de clima seco e para o “Ano 2” de clima chuvoso, a disponibilidade e o número de sementes do tipo “marshmallow”, “goma”, “macarrão” e “clipe”, respectivamente como na imagem.











Painel 2. Passo a passo contendo as instruções para construção dos bicos. **A** – Dobradura do bico tipo 1; **B** – Dobradura dos bicos tipo 2 e 3; **C** – Confeção do bico tipo 4 adaptado para estudantes com necessidade educativa específica concernente ao movimento das mãos.





A POPULAÇÃO _____
CENÁRIO _____

Bicadores selectus

BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número de sementes consumidas	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		





BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número de sementes consumidas	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		





BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número de sementes consumidas	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		





BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número de sementes consumidas	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		





B POPULAÇÕES _____
CENÁRIO _____

Bicadores selectus

BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número médio de sementes consumidas pelas populações	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		

BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número médio de sementes consumidas pelas populações	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		

BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número médio de sementes consumidas pelas populações	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		

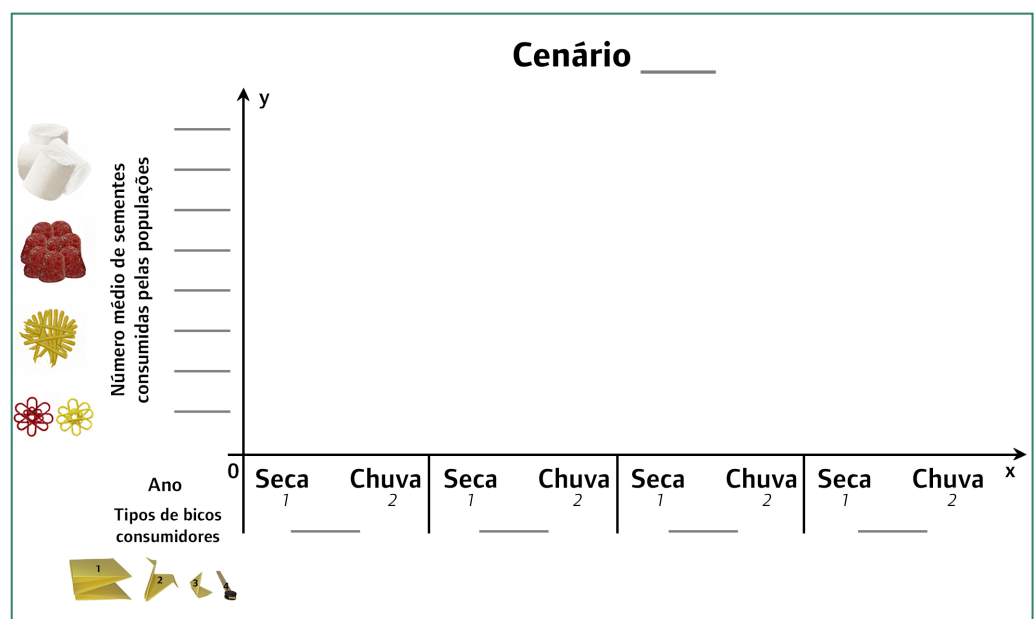
BICO TIPO _____		
Itens alimentares	Número médio de sementes consumidas pelas populações	
	Ano 1 - Seca	Ano 2 - Chuva
MARSHMALLOW 		
GOMA 		
MACARRÃO 		
CLIQUE 		

Painel 3.

Tabelas para o registro dos itens alimentares consumidos por cada indivíduo e cada tipo de bico para o “Ano 1” – seca – e “Ano 2” - chuva. **A** – Planilha de dados para que cada população (grupo de estudantes) de um dado cenário preencha o número de cada tipo de semente consumida para cada tipo de bico. **B** - Planilha de dados para que as populações (grupos) que compartilhem o mesmo cenário preencham o número médio de cada tipo de semente consumida para cada tipo de bico de um dado indivíduo.

Painel 4.

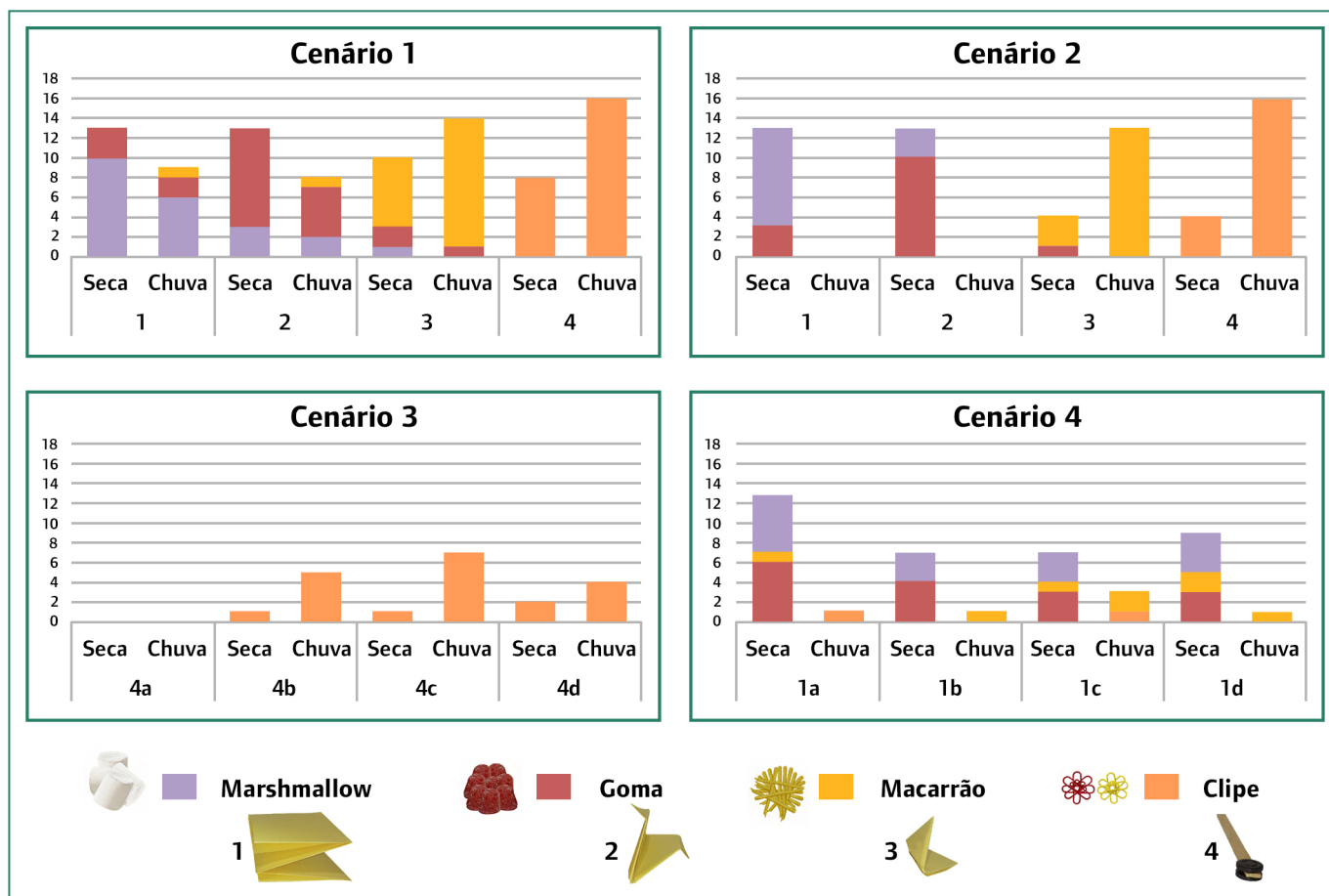
Painel para construção do gráfico com o número médio de sementes consumidas por tipo de bico por indivíduo para o “Ano 1” (seca) e “Ano 2” (chuva) para um dado cenário (1, 2, 3 ou 4).



RESPOSTAS PARA VERIFICAÇÃO

1. Construir os gráficos para cada cenário e verificar as proporções encontradas para o consumo de alimento correspondente a cada tipo de bico avaliado.

Uma vez que a atividade consiste em dados gerados em aula, espera-se que ocorram variações nos resultados e, conseqüentemente, na construção dos gráficos para as replicações realizadas. Abaixo, apresentamos o padrão esperado de quantidade de sementes coletadas por cada tipo de bico para cada cenário.



2. Qual(is) tipo(s) de bico(s) de *Bicadores selectus* parece(m) ser mais adaptado(s) para consumir:

Marshmallow: 1.

Goma: 1 e 2.

Macarrão: 3.

Clipe: 4.

3. Qual(is) tipo(s) de bico(s) de *Bicadores selectus* parece(m) ser menos adaptado(s) para consumir:

Marshmallow: 3 e 4.

Goma: 4.

Macarrão: 1 e 4.

Clipe: 1, 2 e 3.

4. Descrever textualmente o que você observou em cada cenário, baseando-se nos resultados anotados nos Painéis 3 e 4:

Cenário 1: Observou-se maior oferta de sementes grandes para o período de seca e, menor, para o período de chuva. Para as sementes menores, o contrário foi verificado: houve uma oferta menor no período de seca e, maior, no de chuva. Todos os indivíduos foram capazes de responder às mudanças climáticas por conseguirem se alimentar suficientemente – seja em maior ou menor quantidade – e, portanto, não foram eliminados da população. No gráfico, a proporção predominante de uma dada semente para cada tipo de bico foi relacionada ao item alimentar melhor adaptado a esta “ferramenta”. Na próxima geração haverá representantes dos quatro fenótipos de bicos de *Bicadores selectus*.

Cenário 2: Verificou-se que, no período de seca, há disponibilidade das sementes “marshmallow” e “goma”, e escassez de recursos alimentares de tamanhos pequenos. As aves de bicos tipos 3 e 4 consumiram menos alimentos, mas obtiveram ganho energético suficiente para sobreviverem no ano seguinte. No período chuvoso houve favorecimento da produção de sementes tipo “macarrão” e “clipe”, mas as sementes “marshmallow” e “goma” não foram geradas. Assim, no “Ano 2”, os indivíduos com os fenótipos dos tipos 1 e 2 não tinham alimentos apropriados para consumirem (sementes “marshmallow” e “goma”), e os bicos tipos 3 e 4, por serem mais adaptados ao consumo de sementes “macarrão” e “clipe”, alimentaram-se de todas aquelas disponíveis na população. Desta forma, na ausência de alimentos apropriados, as aves com bicos tipo 1 e 2 foram extintas da população. Na próxima geração de *B. selectus* haverá apenas indivíduos de fenótipo tipo 3 e 4.

Cenário 3: Nesta população não houve variação no fenótipo do bico. Para o “Ano 1” havia maior disponibilidade de itens alimentares grandes e médios, mas poucos recursos alimentares disponíveis para os indivíduos de bico tipo 4 e, assim, nem todas as aves se alimentaram (como o indivíduo 4a em nossa simulação). No “Ano 2”, com a chuva, a produção de sementes menores foi favorecida e os indivíduos sobreviventes de bico 4 (4b, 4c e 4d) puderam se alimentar e permanecer na população.

Cenário 4: A população não possui a variação para fenótipo de bico, sendo composta somente por indivíduos com bico do tipo 1. No “Ano 1”, de seca, estes indivíduos obtiveram bastante recurso, pois houve favorecimento de produção de sementes maiores. Entretanto, no “Ano 2” não houve produção de sementes maiores e, sim, a produção de sementes menores, tipo “clipe” e “macarrão”. Desta forma, mesmo que alguns indivíduos da população tenham se alimentado de sementes pequenas, eles não conseguiram ganho energético suficiente para sobreviverem e a população foi extinta.

5. Pela simulação dos quatro cenários em aula, verificar as diferenças nas respostas das populações de *Bicadores selectus* às mudanças no clima seco (“Ano 1”) e no chuvoso (“Ano 2”) em cada cenário. Com base nos resultados apresentados no gráfico elaborado no Painel 4, e nas diferenças entre os cenários (Painel 1), explicar por que as populações responderam de forma diferente às consequências geradas pelas mudanças no clima.

Os dados simulados para os quatro cenários hipotéticos de *B. selectus* mostraram que as populações que possuíam variação fenotípica (cenários 1 e 2) puderam evoluir em resposta a uma mudança climática, que levou também a uma mudança na disponibilidade de recurso alimentar. Ou seja, as frequências fenotípicas / genotípicas alteram-se como resposta às modificações no ambiente. Observou-se que, nos períodos secos, em que os frutos maiores são mais abundantes, os bicos maiores (tipo 1 e 2) foram mais favorecidos, pois estavam melhor adaptados ao ambiente do que aqueles com bicos pequenos. Nos períodos chuvosos, em que as sementes menores são as mais abundantes, os com os bicos menores (tipo 3 e 4) foram os mais favorecidos. Verificou-se uma mudança na frequência fenotípica (quantidade de indivíduos de cada fenótipo de bico) devido à mudança na disponibilidade dos diferentes tipos de sementes. Organismos com formas de genes (alelos) que produziram fenótipos vantajosos passaram suas características para a próxima geração, enquanto os que carregavam formas de genes que produziam fenótipos desvantajosos não transmitiram suas características e foram eliminados da população (Cenários 2 e 4). Assim, houve eliminação de fenótipo(s)/ genótipo(s) que não possuíam característica capaz de responder às mudanças climáticas. Populações que não tinham variação fenotípica não responderam às mudanças climáticas em relação a mudanças nas frequências fenotípicas. No caso do cenário 3, a população se manteve pois o fenótipo existente na população era adaptado a sementes pequenas, favorecidas com a mudança climática. Por outro lado, no cenário 4, a população também não tinha variação fenotípica, mas o fenótipo existente não era adaptado a sementes pequenas que foram favorecidas pela mudança climática. Desta forma, sem recurso disponível, a população extinguiu-se, por não ser apta a responder à mudança no ambiente.

REFERÊNCIA

MORI, L.; MIYAKI, C. Y.; ARIAS, M. C. Os tentilhões de Galápagos: O que Darwin não viu, mas os Grants viram. *Genética na Escola* v.1, n.1, p.1-3, 2006.