

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Educação

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM



Produto da Dissertação

Evolução como eixo integrador para o Ensino de Biologia

Leonardo Nogueira Zanchetta

Pelotas, 2017

LEONARDO NOGUEIRA ZANCHETTA

**EVOLUÇÃO COMO EIXO INTEGRADOR PARA O ENSINO DE BIOLOGIA: RELATO DE
UMA UNIDADE DIDÁTICA**

Produto da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof^a. Dra. Rita de Cássia Morem Cossio Rodriguez

Co-orientador: Prof^a. Dra. Francele de Abreu Carlan

Pelotas, 2017

Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1 Introdução..... | 3 |
| 2 Unidade Didática..... | 5 |
| 2.1 Aula 1 – Conceitos..... | 5 |
| 2.2 Aula 2 - Mudança na Frequência dos Alelos, Genótipos e Fenótipos de uma população..... | 11 |
| 2.3 Aula 3 - Tentilhões nas ilhas de Galápagos..... | 17 |
| 2.4 Aula 4 - Impactos na Teia Alimentar..... | 23 |
| 2.5 Aula 5 – Mutações..... | 29 |
| 3. Considerações Finais..... | 32 |
| Referências..... | 33 |

1 Introdução

Este produto faz parte da dissertação “Evolução como eixo integrador para o Ensino de Biologia: relato de uma Unidade Didática” que teve sua origem na necessidade de repensar como conectar os conteúdos de biologia a partir de um eixo integrador. O ensino de biologia é historicamente fragmentado e tende a limitar-se a memorização de vários nomes. Na tentativa de propor algo diferente da tendência tradicional de ensino, foi criada uma Unidade Didática que englobou algumas aulas sobre evolução, ecologia e genética usando a evolução como enfoque principal das atividades. O objetivo do trabalho integrado é permitir que o aluno faça relações entre os conteúdos e os compreenda dentro de um contexto maior que os unifique.

O uso de eixos integradores é uma possibilidade de conectar os conhecimentos na qual um mesmo assunto pode ser analisado pelo enfoque de diferentes conteúdos, opondo-se à maneira tradicional de ensino no qual os saberes são trabalhados de forma isolada. Este isolamento gera alguns problemas como a falta de uma visão global dos diferentes conceitos e a dificuldade para compreender onde o conhecimento encaixa-se na realidade, que é naturalmente interdisciplinar. Um Eixo Integrador caracteriza-se por ser um enfoque central que une as ideias e assuntos presentes em um projeto.

Como o Eixo Integrador da unidade didática foi utilizado o estudo da Evolução que é resultante de processos ecológicos ao longo do tempo, tendo relação direta com os conceitos da Ecologia. Esta, por sua vez, estuda as relações entre os componentes da Zoologia, Botânica, Geologia, Microbiologia e num nível seguinte a Genética, a Biologia Molecular e assim por diante. Segundo Dobzhansky (1973) “nada na Biologia faz sentido, exceto à luz da Evolução” (“*Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution*”) e isto claramente pode ser trabalhado em sala de aula.

Outros aspectos também serviram de base para a elaboração da unidade como a busca por realizar aulas interativas, nas quais os alunos estejam sempre estimulados a pensar e a discutir as atividades. O uso de simulações e de representações visuais e práticas dos conceitos trabalhados também foi um dos objetivos na criação da unidade. A

Unidade Didática criada conta com uma sequência de 5 aulas: Aula 1 – Conceitos; Aula 2 - Mudança na Frequência dos Alelos, Genótipos e Fenótipos de uma população; Aula 3 - Tentilhões nas ilhas de Galápagos; Aula 4 - Impactos na Teia Alimentar e Aula 5 – Mutações. A estrutura de cada aula conta com três partes: uma explicação para o professor sobre a atividade, a representação da atividade e o material para o aluno preencher durante a atividade.

2 Unidade Didática

2.1 Aula 1 - Conceitos

É inviável fazer simulações de processos ecológicos sem primeiro compreender os **conceitos** básicos da **Ecologia**. Os conceitos, para a ciência, são definições que buscam garantir maior clareza no entendimento do assunto que está sendo analisado. Portanto, além de explicar os conceitos de ecologia, discutir a importância de definir conceitos para a ciência também é válido. Esta primeira aula tem como objetivo demonstrar e discutir os conceitos que servirão de base para as demais aulas, assim como discutir sua importância e aplicação. Após montar o tabuleiro e posicionar as peças de forma que represente um ecossistema com recursos, populações de diferentes espécies, etc., começaremos a apresentar estes conceitos. Na seção **Representação da Atividade**, localizada abaixo, há sugestões de como montar a atividade.

O primeiro ponto a ser observado é que há diversos componentes diferentes neste ambiente, cada qual com sua característica. Além dos componentes em si, há processos que ocorrem a partir das relações entre os componentes em diferentes níveis (isto será observável com o desenvolver de algumas atividades). Para estudá-los, tanto os componentes, quanto os processos, é preciso nomeá-los e defini-los para que saibamos com maior clareza o que está sendo analisado. Para isto servem os **conceitos**: para nomear e descrever componentes ou processos de maneira a delimitar com maior clareza o que está sendo discutido de maneira que todos compreendam. Watt (2002, p.11) define o que é um conceito e apresenta alguns exemplos na citação a seguir:

Um conceito é uma abstração verbal extraída da observação de um número de casos específicos. O termo crítico aqui é 'observado' porque isto significa que há uma ligação direta entre o conceito (a abstração) e as suas referências (a realidade). Por exemplo, nós podemos observar um número de circunstâncias particulares nas quais indivíduos recebem diferentes quantias de dinheiro pelo trabalho que eles fizeram durante um dado período de tempo. Desses casos particulares, nós definimos uma abstração e nomeamos isto de 'salário'. Similarmente, nós observamos indivíduos e descobrimos que alguns deles são baixos, alguns são altos e a maioria deles está entre os dois; a partir destas observações nós criamos o conceito de altura." (WATT, 2002, p.11, tradução nossa)

Este processo de definição conceitual é extremamente importante para a ciência de maneira que as publicações científicas geralmente comentam e discutem os conceitos da sua área que foram base para a pesquisa na sua parte introdutória. Isto não é apenas importante para a ciência, mas para a compreensão de qualquer conhecimento humano. Não há como discutir sobre um jogo de futebol sem saber as regras, assim como discutir ideias complexas, como o aprendizado, sem definir o que se entende pelo.

Salientados estes pontos, partimos para a seguinte observação: há diferentes grupos de animais (lobos, coiotes e veados-vermelhos) e plantas (álamos e salgueiros) no ambiente e alguns grupos são iguais e outros diferentes. Cada unidade destes grupos é definida pelo conceito de **organismo**. Se buscarmos classificar os indivíduos segundo suas semelhanças, chegaremos na ideia de que certos indivíduos são de um mesmo tipo, e outros de tipos diferentes. Os do mesmo “tipo” são da mesma **espécie**. Porém, qual critério utilizaremos como base para classificar os indivíduos como da mesma espécie?

A definição do conceito de espécie depende do critério utilizado e não há uma que funcione para todas as formas de vida. O conceito Biológico de Espécie proposto por Mayr e Dobzhansky na década de 1930 (BEGON, 2006, p.9) no qual indivíduos são da mesma espécie se conseguem se acasalar e gerar filhos férteis. Apesar de ser o conceito mais utilizado, não faz sentido para seres de reprodução assexuada e alguns gêneros de vegetais como *Rubus*, *Hieracium* e *Rosa* (MALLET, 2010, p.504). Embora os livros didáticos basicamente só mencionem o conceito Biológico de Espécie, é válido mencionar as outras formas de conceituar espécie, seus critérios e suas limitações. Faz parte da ciência perceber as limitações e as incertezas do seu conhecimento.

A próxima constatação a fazer é a de que existem diferentes grupos de indivíduos de uma mesma espécie ao longo de um ecossistema, representados no ambiente em dois grupos de veados-vermelhos. A distribuição dificilmente é homogênea. Estes agrupamentos são chamados de **populações**. Portanto, temos neste ambiente indivíduos das espécies lobo, coiote e veados vermelhos, assim como dos vegetais salgueiro e álamo, agrupados em várias populações. Especificamente, duas populações de veados-vermelhos (*Cervus elaphus*), uma de lobos (*Canis lupus*), uma de coiotes (*Canis latrans*), uma população de salgueiros (*Salix sp.*) e outra de álamos (*Populus sp.*). No estudo em nível de população, analisamos as variações de distribuição e abundância dos indivíduos ao estudar o número de nascimentos, mortes, emigrações e imigrações, entre outros parâmetros. Também são analisadas as relações entre os indivíduos de cada população, chamadas de relações intraespecíficas, nas quais é possível estudar desde a competição por recursos até a disposição e organização dos organismos em sociedades,

colônias, etc. Quando estudamos as relações interespecíficas, como a relação entre polinizador/planta, predador/presa, parasita/hospedeiro e espécies que competem pelos mesmos recursos também estamos estudando em nível de população.

Considerando o conjunto de populações das várias espécies que estão presentes neste mesmo ambiente chegaremos a outro conceito: o de **comunidade**. Apesar das relações interespecíficas mencionadas anteriormente representarem a interação entre populações, o estudo em nível de comunidade engloba uma análise mais ampla do que a simples soma das partes que a constituem. “Há propriedades emergentes que aparecem quando a comunidade é o foco de atenção” (BEGON, 2006, p.469, tradução nossa). Ainda segundo Begon (2006, p.469), a comunidade é uma assembleia de populações de espécies que ocorrem juntas no tempo e no espaço. Isto significa que o estudo em nível de comunidade pode considerar desde uma escala de espaço grande como a fauna e flora de determinado bioma até uma escala pequena como os micro-organismos presentes em nosso intestino. Da mesma forma ocorre com a escala temporal.

Os ecólogos de comunidades buscam compreender a maneira na qual agrupamentos de espécies estão distribuídas na natureza e o modo que estes agrupamentos podem ser influenciados pelo seu ambiente abiótico e pelas interações entre as populações de espécies. (BEGON, 2006, p.469, tradução nossa)

Temos, portanto, uma comunidade dispersa em um ambiente. Porém, do que cada população depende para conseguir sobreviver? Que fatores externos podem afetar a qualidade de vida de cada organismo? Para responder estas questões precisamos estabelecer dois conceitos: o de **condição** e o de **recurso**. “Uma **condição** é um fator ambiental abiótico que influencia o funcionamento de organismos vivos”, e tem como exemplos a “[...] temperatura, a umidade relativa, o pH, a salinidade e a concentração de poluentes” (BEGON, 2006, p.30). Um organismo num ambiente com maior temperatura do que ele tolera terá dificuldades de sobrevivência, podendo morrer dependendo do quão alta é a temperatura e do tempo de exposição. Já os **recursos** são “entidades exigidas por um organismo e suas quantidades podem ser reduzidas pela atividade do organismo”. É o caso da água, dos alimentos, etc. Se pegarmos os lobos e os veados-vermelhos e compararmos às condições que eles toleram e os recursos das quais são dependentes perceberemos diferenças, mesmo que elas pertençam ao mesmo **habitat**. Esta ideia representa o conceito de **nicho ecológico**. “Estritamente [...] onde um organismo vive é seu habitat. Um nicho não é um lugar, mas uma ideia: é a síntese das tolerâncias e requerimentos do organismo” (BEGON, 2006, p.31, tradução nossa).

Partindo para uma visão mais ampla do ambiente, perceberemos que a comunidade interage com vários elementos não vivos, como alguns recursos. Portanto, essa totalidade

que inclui a comunidade e todos os elementos não vivos daquele habitat é chamada de **ecossistema**. “A ecologia de ecossistemas [...] é preocupada com a estrutura e o comportamento dos mesmos sistemas (que a comunidade), mas com um foco no fluxo de energia e matéria” (BEGON, 2006, p.476). Estudamos em nível de ecossistema quando analisamos as teias alimentares, por exemplo. Assim, nomeamos diversos elementos presentes no tabuleiro, temos a base conceitual para trabalhar os próximos tópicos no quais serão aprofundados os conceitos ou estudados processos nos quais eles interagem.

Representação da atividade

Sugestão de representação visual de um ecossistema usando um tabuleiro conforme a tabela abaixo:

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|--------|
| Álamo | Álamo | Álamo | | | | Água | Água | Água | Água |
| Álamo | Álamo | | | Veado | | | Água | Água | Água |
| Álamo | | | Veado | | | | | Água | Água |
| | | | | | Veado | | | | Água |
| | Veado | | | | | | | | Coiole |
| Veado | | | | | | Lobo | | | |
| | Veado | | | Lobo | | | | Coiole | |
| | | | | | Lobo | | | | Coiole |
| Salgueiro | | | | | | | | | |
| Salgueiro | Salgueiro | | | | | | | | |

Colocar no ambiente as figuras de forma a representar os componentes de um ecossistema. Neste caso, sugerimos colocar três espécies animais (lobo, coiole e veado-vermelho), sendo três indivíduos de lobos, 3, coioles e 6 veados-vermelhos. Representar também indivíduos de duas espécies vegetais (álamos e salgueiros). A seguir, representar água no tabuleiro (Água). Escreva ao lado do ecossistema a temperatura ambiente, como de 25°C, por exemplo, para dar uma referência de condição. Além disso, você pode descrever as condições que alguma destas espécies tolera, assim como os recursos que ela consome para demonstrar a ideia de nicho ecológico.

Material para o Aluno – Aula 1

Qual a importância de definir conceitos antes de estudar um assunto?

Conceitos

Organismo: _____

Espécie: _____

Populações: _____

Comunidade: _____

Habitat: _____

Condição: _____

Recurso: _____

Nicho Ecológico: _____

Ecossistema: _____

2.2 Aula 2 - Mudança na Frequência dos Alelos, Genótipos e Fenótipos de uma população.

A Teoria Sintética ou Neodarwinista marcou a união das ideias de Darwin sobre Adaptação e Seleção Natural com as Leis de Mendel sobre a herança das características e o conhecimento sobre as mutações. O foco da teoria é analisar os fatores que podem mudar a frequência de uma característica em uma população ao longo de gerações. Sendo mais específico, analisa-se a mudança na frequência dos alelos, dos genes e dos fenótipos que representam as variações de uma dada característica.

A atividade proposta nesta aula tem o objetivo de analisar como a mutação, a seleção natural e a deriva genética podem provocar esta mudança na frequência dos alelos. Para isto, colocaremos uma população de 10 indivíduos (Geração Parental) sem variação no gene, ou seja, 100 % dos indivíduos sendo **AA** (dominantes). A atividade começa com a contagem dos indivíduos e o preenchimento da primeira parte da tabela (Antes da Mutação). Após, explique que esta população inicial reproduziu-se e que na geração seguinte um indivíduo nasceu com uma mutação que gerou uma variação do gene **A** inicial: o alelo **a**. Este indivíduo, portanto, será **Aa**, enquanto os demais serão **AA**. Tanto faz o número de indivíduos desta nova população (F1), mas como o foco é a mudança nas frequências a partir da mutação, aconselhamos manter o total de 10 indivíduos como se o tamanho populacional permanecesse estável. A tabela abaixo mostra o preenchimento das duas situações descritas.

| | | Geração Parental (Antes da Mutação) | | Geração F1 (Após a Mutação) | | Resultado |
|-----------|--------------|--|------|--------------------------------|------|-----------|
| | | Nº de ind. | % de | Nº de ind. | % de | |
| Fenótipos | Bico Grande | 10 | 100 | 10 | 90 | Diminuiu |
| | Bico Médio | 0 | 0 | 1 | 10 | Aumentou |
| | Bico Pequeno | 0 | 0 | 0 | 0 | = |
| Genótipos | AA | 10 | 100 | 9 | 90 | Diminuiu |
| | Aa | 0 | 0 | 1 | 10 | Aumentou |
| | aa | 0 | 0 | 0 | 0 | = |
| Alelos | A | 20 | 100 | 19 | 95 | Diminuiu |
| | a | 0 | 0 | 1 | 5 | Aumentou |

Na tabela podemos perceber que, apesar de nenhum **aa** (recessivo) ter surgido para formar um indivíduo de bico pequeno, a frequência dos fenótipos bico grande e médio mudou. Podemos perceber que a frequência dos genótipos e dos alelos também mudou com o surgimento do alelo **a**. Mostra-se, desta maneira, que as mutações podem mudar as frequências dos alelos, genótipos e dos fenótipos.

Agora vamos supor que esta população que agora tem dois alelos que influenciam na formação do bico (**A** e **a**) reproduza-se por algumas gerações e que surjam, aleatoriamente, os primeiros indivíduos **aa** (bico pequeno). Como o fenótipo de bico pequeno por si só a princípio não aumenta nem diminui as chances de sobrevivência do indivíduo, vamos colocá-lo em baixa frequência na população inicial da segunda simulação. No caso, estabeleça que de 20 indivíduos desta população inicial (Geração Parental), 1 é **aa**, 4 são **Aa** e 15 são **AA** e que este é um caso de herança quantitativa, ou seja, cada alelo **A** adiciona uma quantia ao tamanho mínimo de bico (representado por **aa**) e preencha a tabela. Para esta segunda atividade, proponha que devido a um período de muita chuva, os alimentos disponíveis restringiram-se a pequenas sementes apenas e que, para consumi-los, quanto menor o bico, maiores as chances de sobrevivência e de deixar descendentes. Em outras palavras, o ambiente mudou e analisaremos o impacto da Seleção Natural na frequência das variações. Se, quanto menor o bico, maiores as chances de alimentar-se, o mesmo vale para as chances de reprodução. Logo, estabeleça que o cruzamento que contenha um indivíduo de bico pequeno **aa** deixe 4 descendentes, que o cruzamento que tenha um de bico médio **Aa** deixe 2 descendentes e que o cruzamento entre indivíduos de bico grande **AA** deixe apenas 1 descendente.

Você pode definir os casais colocando os 20 indivíduos dentro de uma sacola e pedindo para os alunos retirarem de 2 em 2 para definir os casais aleatoriamente. Se o professor quiser fazer distinção dos sexos, divida os indivíduos em duas sacolas. Você também pode fazer os cruzamentos com o lançamento de uma moeda para definir qual alelo de cada pai formará o filho, porém há o risco dos resultados não ficarem próximos ao previsto nas probabilidades devido à pequena amostragem. Mesmo que isto ocorra, não será afetado o andamento da atividade afinal e será possível mostrar a mudança na frequência de pelo menos um dos parâmetros.

A tabela abaixo mostra um exemplo de preenchimento para o caso descrito a seguir:

| | | Geração Parental (Sem Seleção Natural) | | Geração F1 (Após Seleção Natural) | | |
|-----------|--------------|---|------|--------------------------------------|-------|-----------|
| | | Nº de ind. | % de | Nº de ind. | % de | Resultado |
| Fenótipos | Bico Grande | 15 | 75 | 9 | 56,25 | Diminuiu |
| | Bico Médio | 4 | 20 | 7 | 43,75 | Aumentou |
| | Bico Pequeno | 1 | 5 | 0 | 0 | Diminuiu |
| | Total | 20 | 100 | 16 | 100 | - |
| Genótipos | AA | 15 | 75 | 9 | 56,25 | Diminuiu |
| | Aa | 4 | 20 | 7 | 43,75 | Aumentou |
| | aa | 1 | 5 | 0 | 0 | Diminuiu |
| | Total | 20 | 100 | 16 | 100 | - |
| Alelos | A | 34 | 85 | 35 | 83,33 | Diminuiu |
| | a | 6 | 15 | 7 | 16,66 | Aumentou |
| | Total | 40 | 100 | 42 | 100 | - |

Observando os resultados expostos na tabela, mesmo com a ausência de bicos pequenos na geração F1 é possível perceber que a quantidade de bicos de tamanho médio aumentou significativamente em relação à porcentagem de indivíduos de bico grande. Embora não tenha nascido nenhum indivíduo **aa**, 4 dos **Aa** da F1 são filhos de um **aa** e isto contribuiu para a mudança da frequência fenotípica.

A conclusão desta parte da atividade é que a Seleção Natural também é capaz de alterar a frequência das características além das mutações. Uma discussão interessante de ser feita é questionar se a Seleção Natural ocorreria caso não tivesse surgido o alelo **a** devido a uma mutação. O que aconteceria com uma população de indivíduos 100% **AA** neste quadro apresentado na segunda atividade? A população iria diminuir significativamente e, considerando o que ocorre na realidade, talvez morressem todos os indivíduos. É, portanto, crucial para a sobrevivência das espécies ao longo das gerações a existência de variabilidade genética que surge através das mutações, entre outros fatores. Veremos as mutações em detalhe na **Aula 5**.

Os dois últimos casos que podem afetar a frequência dos alelos são a **migração** seguida por isolamento geográfico e a **deriva genética**. Para poupar tempo, não é necessário repetir o preenchimento da tabela. Propomos que você coloque todos os indivíduos da população inicial da segunda atividade em uma sacola e peça para alguém

tirar uma quantidade aleatória de indivíduos. Estes indivíduos podem simbolizar tanto indivíduos que migraram para outra região quanto indivíduos que morreram devido a uma catástrofe natural. No primeiro caso, é possível mostrar que provavelmente as populações separadas pela migração terão as frequências alteradas. No segundo, será possível discutir que aqueles que sobreviveram à catástrofe natural sobreviveram por puro acaso e não por alguma mutação ou por Seleção Natural devido a uma característica vantajosa e que a população sobrevivente provavelmente terá frequências diferentes das anteriores à catástrofe.

Material para o Aluno – Aula 2

Simulação I: Influência das mutações na mudança de frequência de alelos, genótipos e fenótipos.

| | | Geração Parental (Antes da Mutação) | | Geração F1 (Após a Mutação) | | Resultado |
|-----------|--------------|--|------|--------------------------------|------|-----------|
| | | Nº de ind. | % de | Nº de ind. | % de | |
| Fenótipos | Bico Grande | | | | | |
| | Bico Médio | | | | | |
| | Bico Pequeno | | | | | |
| | Total | | | | | |
| Genótipos | AA | | | | | |
| | Aa | | | | | |
| | aa | | | | | |
| | Total | | | | | |
| Alelo | A | | | | | |
| | a | | | | | |
| | Total | | | | | |

Simulação II: Influência da Seleção Natural na mudança de frequência de alelos, genótipos e fenótipos.

| | | Geração Parental (Sem Seleção Natural) | | Geração F1 (Após Seleção Natural) | | Resultado |
|-----------|--------------|---|------|--------------------------------------|------|-----------|
| | | Nº de ind. | % de | Nº de ind. | % de | |
| Fenótipos | Bico Grande | | | | | |
| | Bico Médio | | | | | |
| | Bico Pequeno | | | | | |
| | Total | | | | | |
| Genótipos | AA | | | | | |
| | Aa | | | | | |
| | aa | | | | | |
| | Total | | | | | |
| Alelo | A | | | | | |
| | a | | | | | |
| | Total | | | | | |

2.3 Aula 3 - Tentilhões nas ilhas de Galápagos

Nesta atividade colocaremos populações com as mesmas características em ambientes diferentes, representando os recursos das ilhas de Galápagos. Cada grupo vai manipular uma das populações e observar como as características mudarão. O objetivo principal é compreender que é o ambiente que seleciona os indivíduos mais adaptados dentro da variabilidade disponível, o que é contrário à ideia de que os indivíduos mudam para se adaptar ao ambiente. Para montar este cenário, usaremos como base o estudo de Peter e Rosemary Grant (GRANT, 2003) sobre as espécies de Tentilhões das ilhas de Galápagos. Assim, usaremos os principais alimentos disponíveis em cada ilha e as variações do tamanho e formato de bico, segundo os pesquisadores.

Como as populações terão os mesmos conjuntos de variações, ao serem colocadas em ilhas com alimentos diferentes, a tendência é que os indivíduos com bicos mais adequados para consumir o alimento disponível tenham maiores chances de sobreviver, reproduzir e deixar um maior número de descendentes. Desta forma, espera-se que as populações mudem de característica ao longo de algumas gerações e que possamos identificar que ao final teremos populações diferentes. Se esta simulação ocorrer conforme o esperado, teremos representado visualmente dois importantes conceitos: o de **Adaptação** e o de **Seleção Natural**. O indivíduo mais adaptado é, portanto, aquele que possui características que o permitam deixar mais descendentes do que outros indivíduos deixam. E **Seleção Natural** é o resultado da combinação da variação, da reprodução diferenciada e da hereditariedade em uma população.

Após a simulação é importante discutir: a partir de qual momento as populações passam a ser espécies diferentes? Neste momento temos o cenário ideal para falarmos de Darwin, já que ele tirou sua teoria sobre a origem das espécies após uma viagem justamente à Galápagos observando os tentilhões.

Ao final da aula, uma pergunta importante: qual seria o resultado deste processo de seleção natural há longo prazo? Este assunto é o fio condutor para a aula seguinte.

Representação da atividade

Para realizar a atividade, cada ilha pode ser confeccionada usando uma folha que iremos dividir de forma a deixá-la quadriculada, com 8 x 9 quadrados. O total de quadrados na folha será 72, dos quais 36 conterão o alimento disponível na ilha. Estes 36 quadrados de alimentos podem ser distribuídos perto das bordas, conforme a imagem a

seguir mostra:

| | | | | | | | | |
|--|--|--|----|----|----|--|--|--|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | A1 | B1 | C1 | | | |
| | | | A2 | B2 | C2 | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Os quadrados em cinza correspondem aos lugares onde estão os alimentos e A1 e A2, B1 e B2, C1 e C2 são os indivíduos da população que irão se alimentar. A ideia é que os indivíduos de cada letra possuem um tipo de bico e que cada alimento é melhor consumido por um tipo específico de bico. Assim, cada ilha terá um determinado alimento e uma população de tentilhões com 6 indivíduos. Todas as ilhas terão populações iguais inicialmente, ou seja, com a mesma variedade de tamanhos de bicos e na mesma quantidade. Cada indivíduo no tabuleiro possui 8 casas ao seu redor e seus movimentos serão definidos pelo lançamento de um dado de 8 faces. Porém, frequentemente haverá outros indivíduos ocupando quadrados que estão na volta do indivíduo que será movimentado. Dois indivíduos não podem ocupar o mesmo espaço, portanto, as casas ocupadas serão desprezadas. As peças com os tentilhões contêm em sua borda a indicação dos números que correspondem às casas que a peça deve ser movimentada de acordo com o resultado do lançamento do dado para facilitar a movimentação, conforme demonstrado abaixo:

| | | |
|---|-----------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 8 | A1 | 4 |
| 7 | 6 | 5 |

Demonstração de uma peça com os números indicando a sua movimentação.

No caso de o resultado do lançamento do dado coincidir com uma casa ocupada, lance novamente o dado.

Para a simulação, as regras serão as seguintes:

- serão 10 rodadas no total, ou seja, cada indivíduo irá movimentar-se 10 vezes.
- Toda vez que cada indivíduo estiver nos quadrados de alimentos será anotado.

Ao final das rodadas e realizadas as anotações, virão as regras seguintes:

- A cada duas vezes que o indivíduo se alimentar, ele irá reproduzir-se e um novo indivíduo será adicionado ao tabuleiro somente no final das rodadas.
- Cada indivíduo vai alimentar-se de acordo com a descrição de seu tipo de bico para o tipo de alimento disponível. Por exemplo, para o alimento da ilha I, o bico A é eficiente e todas as vezes que o indivíduo tipo A estiver em uma casa com alimento, ele irá se alimentar de fato. O bico tipo B é menos eficiente e a cada duas vezes que estiver em uma casa com alimento ele irá alimentar-se de fato. O tipo C, seguindo a lógica, é o menos eficiente e irá alimentar-se de fato a cada 3 vezes em casas com alimento.
- O tipo de bico que tem mais ou menos chances de consumir o alimento disponível em cada ilha será descrito abaixo de cada tabuleiro que representa a ilha.
- O indivíduo que ao final das 10 rodadas não conseguir se alimentar, nenhuma vez, morrerá.

Após montar as ilhas, antes de começar a atividade peça para os alunos anotarem quantos indivíduos têm em cada população para explicar o conceito de **abundância**. Se quiseres, explique também **distribuição** e **densidade** assumindo que cada quadrado tem um determinado tamanho, como 1m^2 . Repita estas anotações ao final da atividade também. Desta forma, será possível analisar a mudança nestes parâmetros durante a atividade ao comparar o antes e o depois.

Descrição dos alimentos e a eficiência dos tipos de bicos:

Ilha I: possui alimento **x** que o bico A come sempre que estiver em contato; B a cada duas vezes que tiver contato come uma vez; e C a cada três vezes que tiver contato come uma vez.

Ilha II: possui alimento **y** que o bico B come sempre que estiver em contato; C a cada duas vezes que tiver contato come uma vez; e A a cada três vezes que tiver contato come uma vez.

Ilha III: possui alimento **z** que o bico C come sempre que estiver em contato; A a cada duas vezes que tiver contato come uma vez; e B a cada três vezes que tiver contato come uma vez.

Você pode colocar mais ilhas para que mais grupos de alunos participem também, mas isto pode dificultar a tarefa já que quanto maior o número de tipos de bicos e

alimentos, maior o número de rodadas a serem feitas. Talvez o pouco tempo de aula não seja o suficiente para completar uma atividade tão grande. Além disso, demonstrações demoradas de resultados podem deixar de ser interessantes para os alunos. Portanto, caso você queira fazer mais ilhas, aconselho a duplicar as ilhas I, II ou III e suas populações. Desta forma, mais de um grupo fará o mesmo tipo de simulação, com resultados ligeiramente diferentes.

Ao final da atividade, provavelmente a população de cada ilha terá mudado de forma diferente, apesar delas originalmente terem o mesmo número de indivíduos e variações. Isto ocorre porque o que determina se uma característica é vantajosa ou não é o ambiente, neste caso o tipo de alimento presente em cada ilha. Então, na Ilha I provavelmente teremos mais indivíduos de bico A que os demais, na Ilha II mais B e na Ilha III mais C. Representamos, desta forma, que em ambientes diferentes as populações mudam ao longo das gerações de maneiras diferentes. Isto, portanto, representa a **Evolução**: mudança ao longo de gerações.

Para a conclusão da atividade, podemos fazer as seguintes observações. Em primeiro lugar, que o ambiente seleciona os indivíduos dentro da variabilidade disponível e não a melhor característica possível. Em segundo, que o movimento dos indivíduos não é aleatório, já que os sentidos aumentam as chances de encontrar o alimento. E em terceiro, que ambientes diferentes favorecem o surgimento de diferentes espécies. Por isso, ambientes de ilhas possuem grande variedade se comparado com ambientes homogêneos. E em quarto e último lugar, já que as populações mudaram ao longo da atividade, a partir de qual momento teremos espécies diferentes?

Material para o aluno – Aula 3

Abundância inicial: _____

Abundância final: _____

Ilha: _____

Recurso disponível: _____

Rodadas

| Ind. | Contato com a comida (nº de vezes) | Alimentou-se (nº de vezes) | Reproduziu-se (nº de vezes) | Morreu (não se alimentou) | Início | Final | Freq. |
|------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------|-------|-------|
| A1 | | | | | | | |
| A2 | | | | | | | |
| B1 | | | | | | | |
| B2 | | | | | | | |
| C1 | | | | | | | |
| C2 | | | | | | | |

Ind.= indivíduos

A, B e C = variações da característica (tipos de bicos).

Com. = Número de vezes que o indivíduo esteve em contato com a comida.

Alim. = Número de vezes que o indivíduo alimentou-se de fato.

Rep. = Número de vezes que o indivíduo reproduziu-se .

Início = Número de indivíduos com a característica A, B ou C no início.

Final = Número de indivíduos com a característica A, B ou C no final.

Freq. = A frequência da característica A, B ou C aumentou, diminuiu ou continuou igual? ↑, ↓, ou =

Conceitos

Adaptação: _____

Seleção natural _____

2.4 Aula 4 - Impactos na Teia Alimentar

Até agora estudamos como as variações nas características de uma população afetam as chances dos indivíduos sobreviverem (Aula 2) e como o ambiente seleciona os indivíduos mais adaptados dentro da variabilidade disponível (Aula 3). Porém, o que ocorre caso o ambiente mude em um curto período de tempo, como por exemplo no caso de uma seca que dure dois anos? Ou no caso de temperaturas acima da média do local? Qual o impacto da retirada de uma espécie importante na comunidade ali presente?

O objetivo geral desta atividade é estudar as consequências diretas e indiretas da retirada de uma espécie topo de cadeia de uma comunidade através da análise da teia alimentar. Além disto, tem como objetivos específicos reconhecer as espécies ali presentes e suas informações taxonômicas e filogenéticas e aprofundar o entendimento sobre as relações interespecíficas representadas na teia. Para compreender melhor a atividade sugerida, vamos supor que a temperatura mude além do tolerável por um polinizador. Como consequência direta, os indivíduos da espécie polinizadora irão morrer ou terão sua qualidade de vida afetada e, como consequência indireta, a planta que seria polinizada por estes terá sua reprodução prejudicada e formará menos frutos. Com menos frutos, aquele animal que se alimenta deste fruto terá menos comida disponível e, portanto, menores chances de sobrevivência. O predador deste animal, por sua vez, também será afetado e assim por diante. Logo, essa é a linha de raciocínio para a atividade proposta.

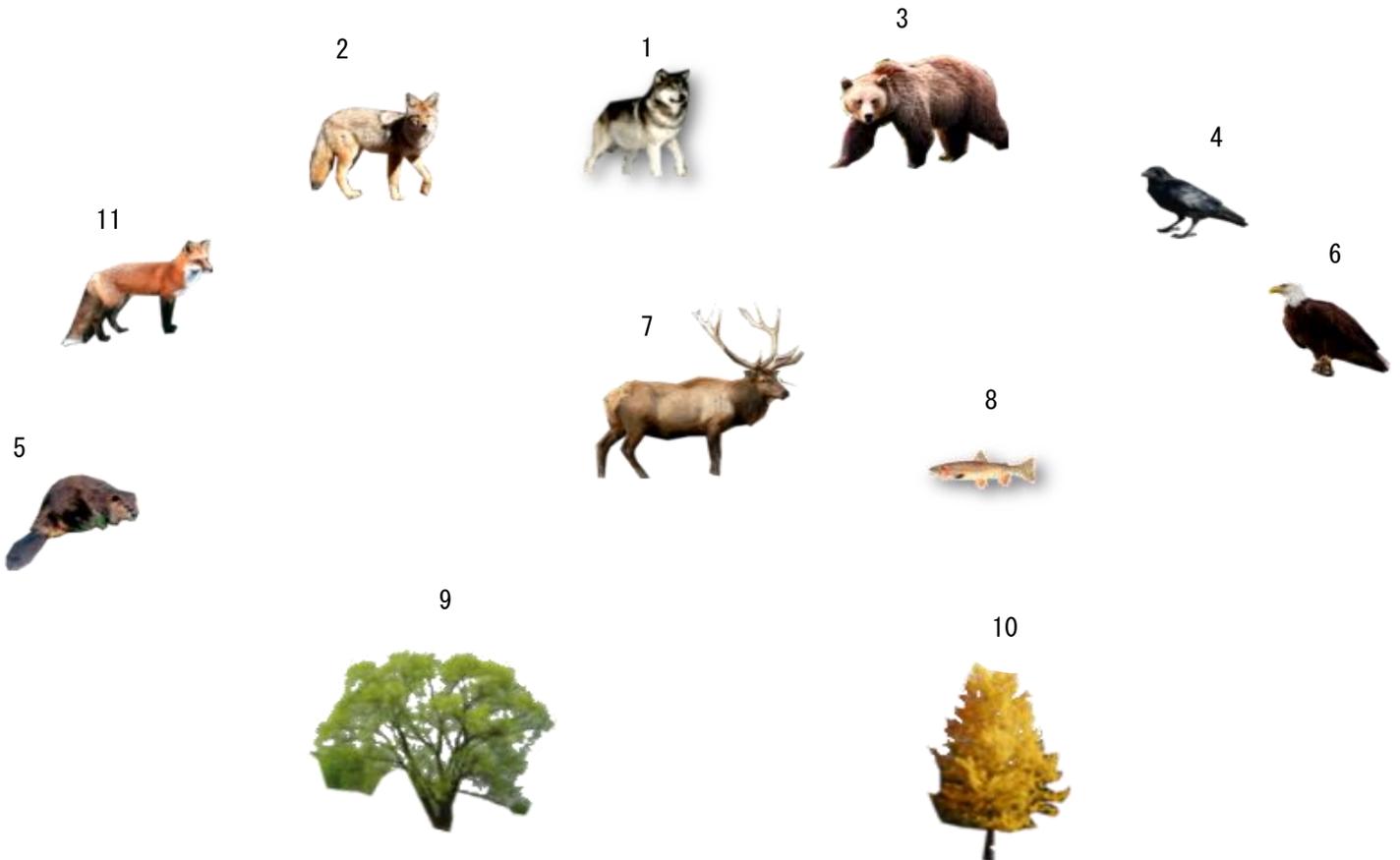
Para usar um bom exemplo de teia alimentar a ser utilizada nesta atividade, consideramos o caso do parque Yellowstone, localizado nos Estados Unidos, no qual a população de lobos (*Canis lupus*) foi basicamente eliminada na década de 1920 e reintroduzida na década de 1990, ocorrendo um grande impacto na biodiversidade local. Este caso de cascata trófica foi amplamente estudado e publicado, como pode ser conferido em Ripple (2011) e Levi (2012), possuindo muitas informações sobre a biodiversidade que existe no parque, além do tipo de alimento que cada espécie consome e também quem são seus principais predadores. O artigo de Ripple (2011) discute como a presença ou ausência de lobos em Yellowstone afeta as populações do Veado-vermelho (*Cervus elaphus*) e o impacto secundário nas espécies vegetais Álamo (*Populus spp.*) e Salgueiro (*Salix spp.*) e nas espécies dependentes desta vegetação. O artigo de Levi (2012) mostra como a presença ou ausência de lobos afeta as populações de outras espécies de canídeos que são seus competidores por alimento, como os Coiotes (*Canis*

latrans) e a Raposa-vermelha (*Vulpes vulpes*). Para conhecer mais espécies que existem em Yellowstone você pode acessar o site do **National Park Service** em <http://www.nps.gov/yell/learn/nature/wildlife.htm>.

Toda esta riqueza de informações facilita a elaboração de uma teia alimentar com fins didáticos que esteja próxima da realidade. Desta forma, iremos montar uma teia alimentar com algumas espécies do parque Yellowstone, identificar quais são estas espécies do ponto de vista taxonômico e filogenético, estabelecer quais relações interespecíficas existem entre elas (predação e competição principalmente) e analisaremos as consequências diretas e, principalmente, indiretas da retirada do predador de topo de cadeia, no caso o Lobo. Esta análise ocorrerá através do estudo dos nichos ecológicos das espécies presentes na comunidade e das relações estabelecidas. Na discussão desta atividade você pode citar outros exemplos de mudanças no ambiente, como o desmatamento, poluição e aumento de acidez da água, assim como a importância de compreender estas relações entre as espécies para a manutenção de um ecossistema.

Representação da Atividade

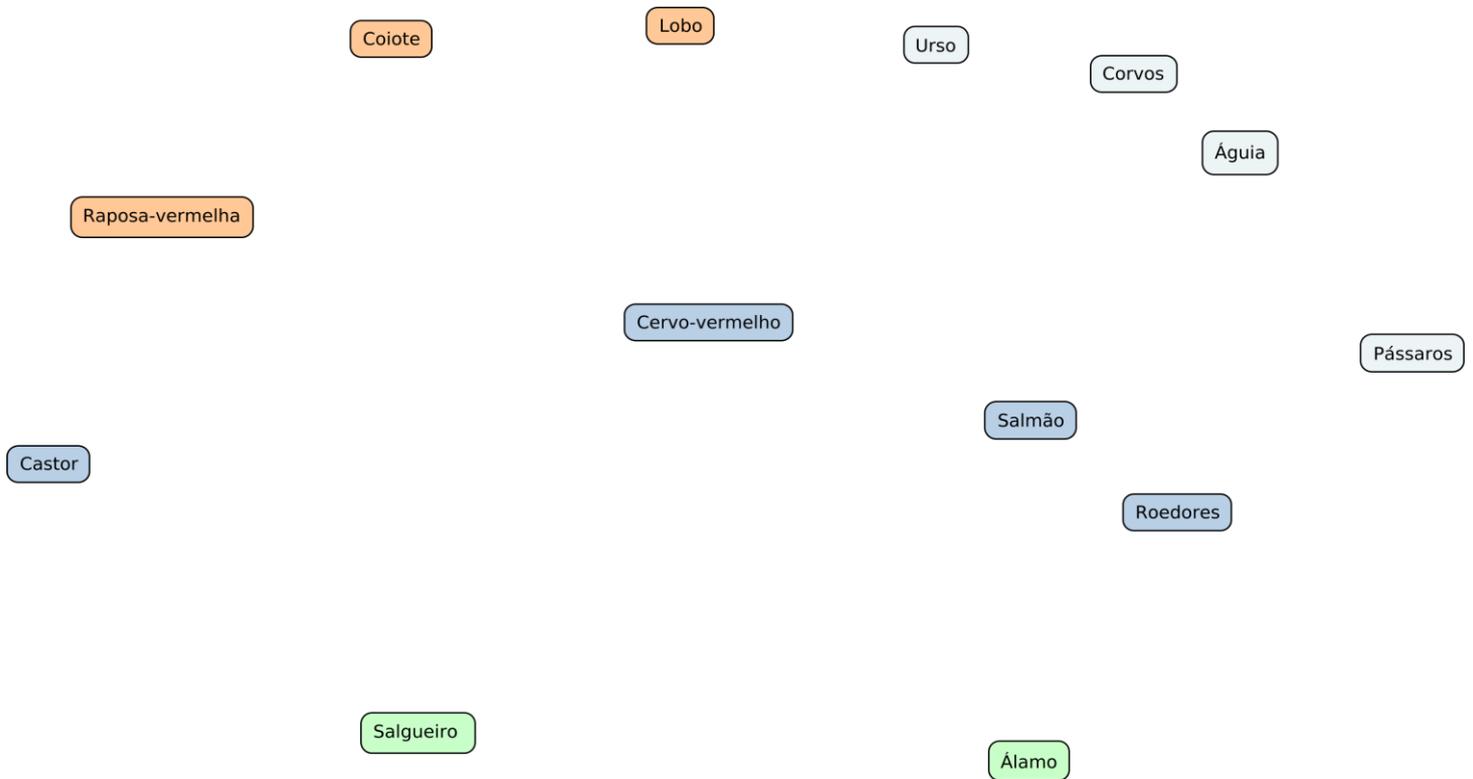
Dispor imagens das espécies que compõem a teia alimentar e discutir com os alunos que tipos de relações interespecíficas ocorrem nela. A imagem abaixo exemplifica como você pode dispor as espécies para começar a atividade.



Nomes científicos: 1 Lobo – *Canis lupus*; 2 Coiote – *Canis latrans*; 3 Urso-pardo - *Ursus arctos*; 4 Corvos – *Corvus corax*; 5 Castor – *Castor canadensis*; 6 Águia-careca - *Haliaeetus leucophalus*; 7 Cervo-vermelho – *Cervus elaphus*; 8 Salmão - *Oncorhynchus clarkii*; 9 Salgueiro – *Salix* spp.; 10 Álamo – *Populus* spp; 11 Raposa-Vermelha *Vulpes vulpes*. Há outras espécies de ungulados, de aves de rapinas e até uma segunda de urso, porém escolhemos uma de cada para simplificar. Roedores e pássaros englobam diversas espécies de diferentes gêneros.

Material para o aluno – Aula 4

Estabeleça as relações interespecíficas da teia alimentar a seguir:



Se retirarmos os lobos da comunidade acima, quais serão os impactos nas demais espécies analisando as relações interespecíficas estabelecidas? Anote as conclusões na tabela abaixo:

| | Aumento ou Diminuição Populacional |
|----------------|------------------------------------|
| Coiote | |
| Urso-pardo | |
| Corvos | |
| Castor | |
| Águia-careca | |
| Cervo-vermelho | |
| Salmão | |
| Salgueiro | |
| Álamo | |

2.5 Aula 5 - Mutações

Nas aulas anteriores percebemos que existem variações nas características dos indivíduos e que o ambiente seleciona os indivíduos mais adaptados dentro das variações disponíveis. Também vimos que mudanças no ambiente podem afetar direta e indiretamente uma comunidade e que a sobrevivência dos indivíduos de cada espécie depende de uma série de fatores. Porém, o que determina o surgimento destas variações? Qual o mecanismo responsável por gerar características nos indivíduos?

Na **aula 2** analisamos o surgimento de um alelo **a** em um gene que influenciava o tamanho do bico. O genótipo **AA** formava os bicos grandes, o **Aa** os médios e o **aa** os pequenos. Porém o que é um alelo na realidade? O que é um gene? Para que serve? Como surgem novos alelos? Como ocorrem as mutações? Esta aula tem como objetivo melhorar a compreensão das Mutações Genéticas, conceito introduzido na **Aula 2**, do processo de expressão de um gene e como modificações e erros na estrutura do DNA podem gerar variações nas características.

Para isto, representaremos uma dupla hélice de DNA com uma sequência de pares de bases que componham um gene e os alunos deverão formar a fita de RNAm do gene a ser expresso para, depois, montar a proteína de acordo com tabela de aminoácidos/códons fornecida. Após, a turma será dividida em grupos e para os quais será determinado um tipo de mutação no gene (deleção, adição, duplicação, substituição, etc). Cada grupo irá repetir o processo de formação do RNAm e de montagem das proteínas para relatar o que mudou após a mutação. Determine as mutações de forma que a sequência de aminoácidos seja alterada. Após, discuta com os alunos as consequências destas mutações em larga escala, como os genes interagem e como isto é herdável. Retome também como estas variações podem aumentar ou diminuir de frequência em uma população através da Seleção Natural.

Material para os alunos – Aula 5

Tabela aminoácidos/códons

| 1ª BASE | 2ª BASE | | | | 3ª BASE |
|---------|---------|-----|------------|------------|---------|
| | U | C | A | G | |
| U | Phe | Ser | Tyr | Cys | U |
| | Phe | Ser | Tyr | Cys | C |
| | Leu | Ser | Terminação | Terminação | A |
| | Leu | Ser | Terminação | Trp | G |
| C | Leu | Pro | His | Arg | U |
| | Leu | Pro | His | Arg | C |
| | Leu | Pro | Gln | Arg | A |
| | Leu | Pro | Gln | Arg | G |
| A | Ile | Thr | Asn | Ser | U |
| | Ile | Thr | Asn | Ser | C |
| | Ile | Thr | Lys | Arg | A |
| | Met | Thr | Lys | Arg | G |
| G | Val | Ala | Asp | Gly | U |
| | Val | Ala | Asp | Gly | C |
| | Val | Ala | Glu | Gly | A |
| | Val | Ala | Glu | Gly | G |

Ala–Alanina; Arg–Arginina; Asn–Asparagina; Asp–Ácido Aspártico; Glu–Ácido Glutâmico; Cys–Cisteína; Gly–Glicina; Gln–Glutamina; His–Histidina; Ile–Isoleucina; Leu–Leucina; Lys–Lisina; Met–Metionina; Phe–Fenilalanina; Pro–Prolina; Ser–Serina; Tyr–Tirosina; Thr–Treonina; Trp–Triptofano; Val–Valina.

Antes da Mutação (gene original)

Sequência de nucleotídeos Gene: _____

RNAm formado: _____

Proteína formada (sequência de aminoácidos): _____

Após a mutação

Tipo de mutação: _____

Nucleotídeos do Gene com a mutação: _____

RNAm formado: _____

Proteína formada (sequência de aminoácidos): _____

3 Considerações Finais

Há vários desafios na aplicação deste tipo de metodologia. Há a possibilidade do aluno não entender as instruções ou de você não conseguir interagir com cada aluno o suficiente para o desenvolvimento da atividade, ou da proposta não atingir os seus objetivos durante a aula, entre outras complicações. Outro problema da aplicação da Unidade Didática tende a ser o pouco tempo disponível em cada aula já que os períodos geralmente são curtos e englobam também questões burocráticas que tomam tempo da aula.

Trabalhar os conteúdos dentro de um contexto maior e com uma sequência lógica parece facilitar o envolvimento do aluno com o processo de aprendizagem e esta unidade didática é uma tentativa neste sentido. A tendência, durante a aplicação da Unidade Didática, é que o professor a aperfeiçoe com o tempo fazendo com que ela se torne cada vez mais adequada aos objetivos propostos. E, baseado nisso, estimulamos o professor a fazer modificações em suas aulas no sentido de melhorar as atividades. Esperamos, com estas atividades, estimular o professor de Biologia a modificar sua prática pedagógica através da inserção de metodologias diferenciadas em suas aulas.

REFERÊNCIAS

- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecology**: from individuals to ecosystems. 4.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 752p.
- GRANT, B. ROSEMARY; GRANT. PETER R.. What Darwin's Finches Can Teach Us about the Evolutionary Origin and Regulation of Biodiversity . **BioScience**, v.53, n.10, 2003
- LEVI, Taal; WILMERS , CHRISTOPHER C. Wolves–coyotes–foxes: a cascade among carnivores . **Ecology**, v.93, n.4, p. 921–929 , 2012
- MALLET, James. Why was Darwin's view of species rejected by twentieth century biologists? **Biology & Philosophy**, v.25, n.4, p.497–527, 2010
- NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE. The Human Genome Project Completion: Frequently Asked Questions. 2010. Disponível em: <<https://www.genome.gov/11006943/human-genome-project-completion-frequently-asked-questions/>> Acesso em: 28 abr. 2016
- RIPPLE, William J.; BESCHTA, Robert L. Trophic cascades in Yellowstone: The first 15 years after wolf reintroduction. **Biological Conservation**, 2011. Disponível em: <http://www.cof.orst.edu/leopold/papers/RippleBeschtaYellowstone_BioConserv.pdf> Acesso em: 10 abr. 2016
- WATT, James H.; BERG, Sjeff van den. **Research Methods For Communication Science**. 2002, Boston: Allyn and Bacon, 2002. 656p.