

# A história evolutiva dos cetáceos: um modelo para o ensino de ancestralidade comum e classificação biológica em uma sequência de ensino investigativa



Larissa Rocha de Carvalho<sup>1</sup>, Ana Clara Chromeck da Silva<sup>1</sup>, Giovanna Civitate Bastos<sup>2</sup>, Rebeca Jacinto Bonfim<sup>2</sup>, Igor Augusto Bonifácio Santana<sup>1</sup>, Daniela Lopes Scarpa<sup>3</sup>, Maíra Batistoni e Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP

<sup>2</sup>Graduado em Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP

<sup>3</sup>Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP, SP

Autor para correspondência - ana.chromeck@usp.br

**Palavras-chave:** ensino por investigação, ensino de ciências, evolução, classificação biológica, cetáceos

O Ensino por Investigação é uma importante ferramenta para criação de situações pedagógicas em que os estudantes aprendem e exercitam habilidades próprias da atividade científica. Os cetáceos são um grupo de mamíferos aquáticos cujo registro fóssil documenta a passagem de um ancestral terrestre para o ambiente marinho de forma gradual. O presente artigo apresenta uma proposta de sequência didática investigativa, na qual os alunos devem utilizar filogenias, análises morfológicas e seus conhecimentos sobre classificação biológica para resolver uma questão-problema sobre a ancestralidade dos cetáceos. Além disso, relatamos a experiência de aplicação desta sequência didática em uma escola pública, em turmas do 7º ano em São Paulo.

## Objetivos

Este relato objetiva descrever a aplicação de uma sequência didática baseada na metodologia de Ensino por Investigação, que tomou a análise de grupos de mamíferos marinhos como base para o estudo da ancestralidade comum.

## Referencial teórico

No Ensino de Ciências por Investigação, questões-problema são utilizadas para criar, em sala de aula, situações pedagógicas nas quais a resolução implica na aplicação, por parte dos estudantes, das ferramentas e

métodos próprios à investigação científica. Uma sequência de ensino investigativa, portanto, deve envolver os alunos em um problema contextualizado, que permita que eles levantem e testem hipóteses a partir da interação com materiais disponibilizados e da discussão com colegas.

Na literatura da área do ensino de ciências, há muitas possibilidades de estruturação das sequências didáticas investigativas. Neste trabalho apresentaremos uma sequência didática que possui dois ciclos de investigação orientados por perguntas distintas. Em síntese, a organização dos momentos da atividade ocorreu conforme o descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Organização dos momentos da sequência didática. Fonte: elaborada pelos autores.

	Aulas 1 e 2		Aulas 3 e 4
	1º Ciclo - Momento 1	1º Ciclo - Momento 2	2º Ciclo
<b>Proposição do problema</b>	Apresentação da questão “O que são mamíferos?” a partir da apresentação da diversidade de mamíferos.	Apresentação da questão “Por que as baleias são mamíferos?” a partir dos critérios elaborados pelos alunos no momento anterior.	Introdução sobre cladogramas, ancestralidade comum e a justificação de hipóteses a partir de evidências. Apresentação das filogenias conflitantes, do Dossiê de Evidências e a questão “Qual das duas filogenias apresentadas você acredita que é a mais apropriada? Justifique com base nas evidências do Dossiê”.
<b>Resolução do problema</b>	Grupos de trabalho devem buscar as semelhanças entre os mamíferos apresentados para determinar critérios que definem os mamíferos.	Grupos de trabalho devem identificar os critérios elencados anteriormente nas baleias e também as adaptações que estes animais possuem ao ambiente aquático.	Grupos de trabalho devem analisar as informações disponibilizadas para a elaboração de uma resposta. Nesta etapa, sugerimos que os professores circulem entre os grupos de trabalho para auxiliar os estudantes na realização da tarefa e para acompanhar o andamento da atividade.
<b>Discussão e sistematização coletiva oral</b>	Discussão e anotação em lousa dos consensos da sala.	Discussão e anotação em lousa dos consensos da sala, recomenda-se que o professor faça apontamentos quanto à relação entre diversidade morfológica e adaptação aos diferentes meios.	Discussão e anotação em lousa dos consensos da sala, apresentação do que é o consenso científico atual, valorizando os apontamentos feitos pelos estudantes.
<b>Sistematização escrita</b>	Elaboração de uma resposta final pelos grupos a partir de suas discussões e da síntese coletiva.	Elaboração de uma resposta final pelos grupos a partir de suas discussões e da síntese coletiva. Entrega das respostas.	Elaboração de uma resposta final pelos grupos a partir de suas discussões e da síntese coletiva. Entrega das respostas.

Ao longo da descrição desta sequência didática, os momentos mencionados acima serão detalhados.

A utilização do Ensino por Investigação como metodologia, bem como a organização proposta para as atividades, visa a Alfabetização Científica como objetivo do ensino de ciências.

Os cetáceos, uma ordem de mamíferos exclusivamente aquáticos, incluem baleias, golfinhos e botos. Diversas linhas de evidência sustentam a hipótese de que esse grupo evoluiu a partir de mamíferos terrestres; entre elas o registro fóssil, que documenta a redução de membros posteriores e inferiores de ancestrais extintos dos cetáceos atuais. Muitas descobertas de fósseis relevantes para a reconstituição da história evolutiva desse grupo ocorreram nas últimas décadas, além do grupo ser familiar aos estudantes, o que o torna um tema relevante e atual para investigação em sala de aula.

A questão-problema que orienta esta sequência é “A ocupação do ambiente aquático pelos cetáceos é uma **característica ancestral** ou **derivada**?”. Essa questão, no entanto, não é enunciada explicitamente para os estudantes tal como consta aqui. Em cada um dos ciclos de investigação há um problema contextualizado para ser solucionado com base em dados que serão fornecidos aos estudantes; a proposição de uma controvérsia científica hipotética é utilizada para introduzir o problema de investigação.

A partir das metodologias utilizadas, ao final desta sequência didática esperamos que os estudantes sejam capazes de:

- ♦ Inferir a existência de parentesco entre diferentes grupos de mamíferos, a partir da análise de características morfológicas compartilhadas;
- ♦ Comparar características morfológicas de mamíferos pertencentes a diferentes ambientes;
- ♦ Relacionar as características morfológicas de cetáceos à conquista do ambiente aquático;

- ♦ Interpretar árvores filogenéticas e reconhecer, a partir delas, a ancestralidade comum, utilizando como exemplo o grupo dos mamíferos.

Para além dos conteúdos conceituais, o caráter investigativo das atividades propostas exercita habilidades comuns à prática científica, como a análise de evidências e a argumentação escrita dos estudantes, além do trabalho em equipe, que visa estimular a cooperação entre alunos.

A sequência didática aqui referida foi aplicada em três turmas do sétimo ano de uma Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) localizada na zona oeste da cidade de São Paulo. Nessas turmas, foram ministradas quatro aulas de 45 minutos, dispostas em pares de aulas seguidas (90 minutos), no contexto de um estágio realizado por estudantes de licenciatura em ciências biológicas. As aulas foram realizadas em meio a um módulo de estudos sobre classificação biológica, em que os estudantes se encontravam já familiarizados com os critérios utilizados por Robert Whittaker para classificar os seres vivos em cinco Reinos.

## 1º ciclo investigativo

### Proposição e resolução do primeiro problema

Este ciclo investigativo, com duração prevista de duas aulas de 45 minutos, pretende responder à pergunta: “Por que baleias são mamíferos?”. Para tal, primeiro os alunos devem compreender o que define um mamífero, para posteriormente justificar a classificação das baleias nesse grupo. A definição de mamífero é abordada neste primeiro problema e a classificação das baleias é contemplada no segundo problema deste ciclo. Nele, são contempladas as três primeiras expectativas de aprendizagem, além de mobilizados os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema.

Em grupos de até cinco estudantes, os alunos recebem imagens representativas (Figura 1)

#### Característica ancestral

- estado anterior de uma característica, a partir do qual surgiu uma novidade evolutiva.

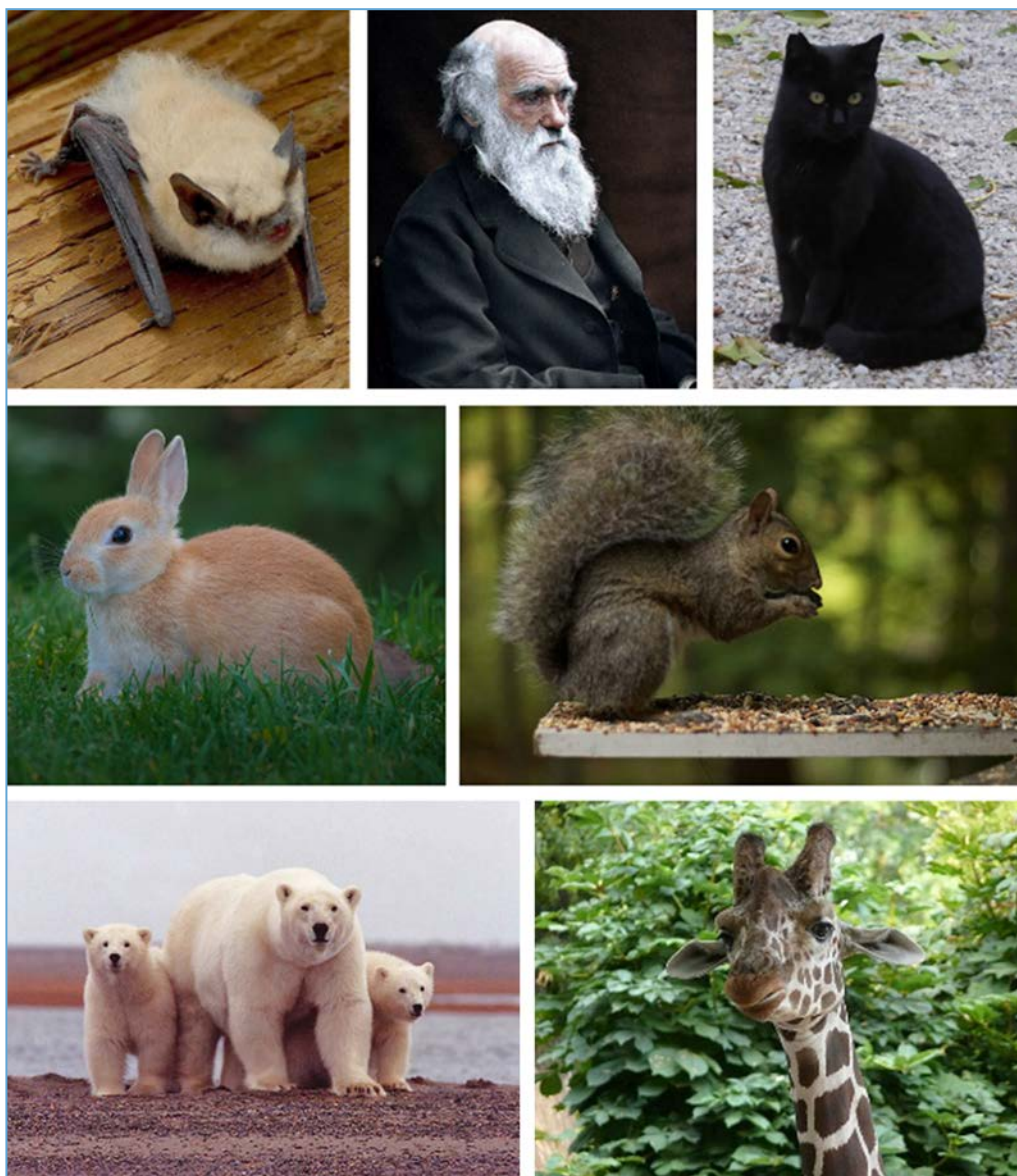
#### Característica derivada

- novidade evolutiva compartilhada por um grupo de espécies em relação a seu ancestral.

de diversos mamíferos, que permitem visualizar algumas das **sinapomorfias** ou outras características do grupo (pelos, glândulas mamárias, respiração pulmonar etc.). Neste momento, a tarefa proposta é responder a seguinte questão:

*“Todos os animais apresentados abaixo são classificados pelos biólogos como mamíferos. Observe as imagens e liste as características que você acha que justificam essa classificação.”*

**Sinapomorfias** - novidade evolutiva surgida em um determinado ancestral e compartilhada pelos táxons que dele descendem.



**Figura 1.** Animais representantes de diferentes grupos de mamíferos. Fonte: compilação dos autores. Montagem a partir de imagens coletadas no repositório digital da Wikimedia Commons.

**Discussão e sistematização das respostas**

Após a resolução em grupos, os alunos são convidados a compartilhar suas conclusões com o grupo-sala. Os consensos da turma são anotados em lousa para registro e como referência para os estudantes. Neste momento, é importante lembrar com os alunos

que a biologia se apoia majoritariamente em critérios morfofisiológicos para classificar seres vivos, para que eles se atenham a esse aspecto dos animais apresentados. Mesmo algumas características que não podem ser diretamente visualizadas, como a respiração pulmonar, podem ser inferidas a partir de caracteres externos com a ajuda de perguntas orientadoras, ou talvez já façam parte do

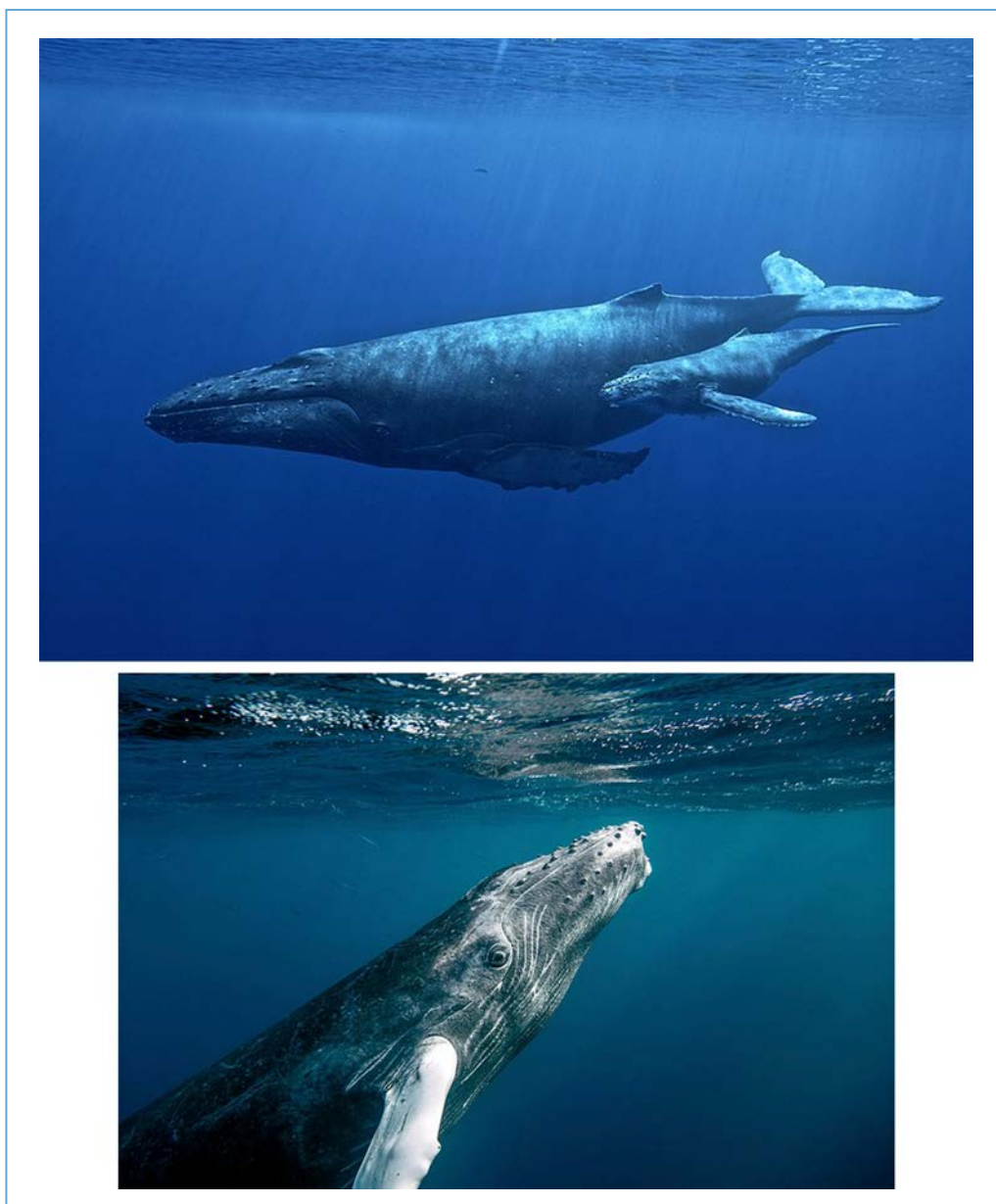
conjunto de conhecimentos prévios dos estudantes.

Além disso, é necessário pontuar aos alunos que nem todas as características comuns a todos os mamíferos serão exclusivas desse grupo, o que remonta ao aspecto hierárquico da classificação biológica e à noção de que há diferentes níveis de parentesco evolutivo entre os seres vivos. Isso significa que nem todas as características mencionadas serão de interesse para a investigação, e possibilita a introdução de um critério (comparação com outros grupos animais) para a seleção de caracteres de interesse em conjunto com os educandos. Com esta atividade, visamos contemplar a primeira expectativa de aprendizagem.

### Proposição e resolução do segundo problema

Após a discussão e seleção de alguns critérios, o professor deve apresentar a baleia como modelo de mamífero. Neste momento, em pequenos grupos, os alunos acessam o segundo grupo de imagens (Figura 2), contendo figuras de cetáceos. A partir dessas figuras, os alunos devem responder duas perguntas:

1. “Quais das características mencionadas na pergunta anterior você consegue identificar nos cetáceos?”
2. “Identifique as características que permitem a sobrevivência destes animais no ambiente aquático.”



**Figura 2.**

**a)** Baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e seu filhote no Santuário Marinho Nacional das Ilhas Havaianas. Fonte: LYMAN, 2012 - disponível no repositório digital da Wikimedia Commons.  
**b)** Filhote de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no qual encontram-se evidentes os folículos capilares (tubérculos) na região maxilar. Fonte: MICHAEL, CC BY 2.0 - disponível no repositório digital da Wikimedia Commons.

Espera-se que os estudantes tragam elementos discutidos no primeiro problema para a discussão e resolução dessas questões.

### Discussão e sistematização do segundo problema

Como no caso anterior, algumas sinapomorfias de mamíferos não são visíveis nas figuras, ainda mais devido à extrema modificação de alguns caracteres no grupo dos cetáceos. Aqui, o conhecimento prévio dos educandos pode ser decisivo para permitir uma análise produtiva: a noção de que baleias precisam emergir para respirar, que pode ser já difundida entre alunos, é um indicativo de sua respiração pulmonar. Ao longo da discussão no grupo-sala, para levantar essas concepções e evitar possíveis enganos dos educandos ao analisar as imagens, perguntas norteadoras tornam-se essenciais:

- ♦ *Qual hábito está sendo representado na primeira imagem?* Apesar da discussão centrar-se em torno de caracteres morfofisiológicos, o cuidado parental, representado na Figura 2a, é uma característica marcante de mamíferos. Embora seja difícil encontrar imagens de amamentação entre cetáceos, ela pode ser mencionada como parte do cuidado parental neste grupo; por sua vez, a amamentação é um indicativo indireto da presença de glândulas mamárias, uma das características definidoras de mamíferos;
- ♦ *As baleias têm narina?* Ao longo da evolução dos cetáceos, nota-se uma migração da narina para o topo da cabeça desses animais, dando origem aos espiráculos, orifícios através dos quais os cetáceos inspiram e expiram, dado que sua respiração é pulmonar. Durante a expiração desses animais é formada uma fumaça, resultante da condensação do ar quente do pulmão em contato com o ar frio do ambiente. Essa condensação é comumente confundida com um esguicho de água;

- ♦ *O que são essas saliências em torno da boca da baleia da Figura 2b?* Embora baleias não tenham pelos abundantes, como muitos mamíferos, elas possuem pelos em sua região facial. Esse “bigode” é visível apenas em algumas espécies, mas é possível notar folículos capilares que indicam sua presença.

Por meio desta atividade, contempla-se a segunda expectativa de aprendizagem, permitindo comparar as diferenças que os cetáceos apresentam em relação aos mamíferos terrestres (e.g. nadadeiras, cauda). Também é um importante momento de retomada de algumas indagações da atividade anterior: a diminuição da quantidade de pelos, por exemplo, parece oferecer alguma vantagem no ambiente aquático e, portanto, pode ter sido um fator de seleção; o mesmo vale para a narina posicionada dorsalmente. Para fomentar a discussão no grupo-sala, podem ser realizadas perguntas norteadoras como:

- ♦ *Como é o corpo de um nadador olímpico? Eles possuem muitos pelos?* Nas primeiras décadas de 1900, a depilação tornou-se uma prática entre nadadores olímpicos. Nadadores relatam maior sensibilidade à água após depilação, e alguns estudos da década de 1980 correlacionam essa prática à uma diminuição do custo da atividade física, que possibilitaria um aumento de resistência ao exercício;
- ♦ *O que baleias e outros animais aquáticos (tubarões e peixes) têm em comum em relação à locomoção? Como é o formato do corpo desses animais?* O formato alongado e fusiforme de cetáceos, com a cabeça pouco diferenciada, torna os corpos desses animais hidrodinâmicos. Outras características muito importantes para a natação são o achatamento dos membros anteriores em forma de nadadeira, bem como nadadeiras não ósseas na região dorsal e a redução dos membros posteriores. Essas características aproximam visualmente cetáceos e peixes, o que constitui um exemplo de **convergência evolutiva**.

**Convergência evolutiva** - processo evolutivo através do qual espécies pouco aparentadas desenvolvem estruturas e formas corporais semelhantes.

Ao final deste ciclo investigativo, é esperado que os alunos compreendam que as sinapomorfias de mamíferos são encontradas em cetáceos, ainda que de forma vestigial ou modificada, o que permite classificá-los como pertencentes a essa classe. Assim, as características morfológicas de cetáceos que os aproximam de peixes ou tubarões, resultantes de milhões de anos de seleção natural em ambiente aquático, não significam maior proximidade evolutiva entre esses grupos, mas sim uma convergência evolutiva.

Espera-se, portanto, como resposta para a pergunta central deste ciclo (*“Por que baleias são mamíferos?”*) a retomada de características levantadas no primeiro problema como justificativas. Entre elas: pelos, glândulas mamárias, respiração pulmonar etc.

Assim, neste momento da sequência didática são contempladas a segunda e a terceira expectativas de aprendizagem propostas.

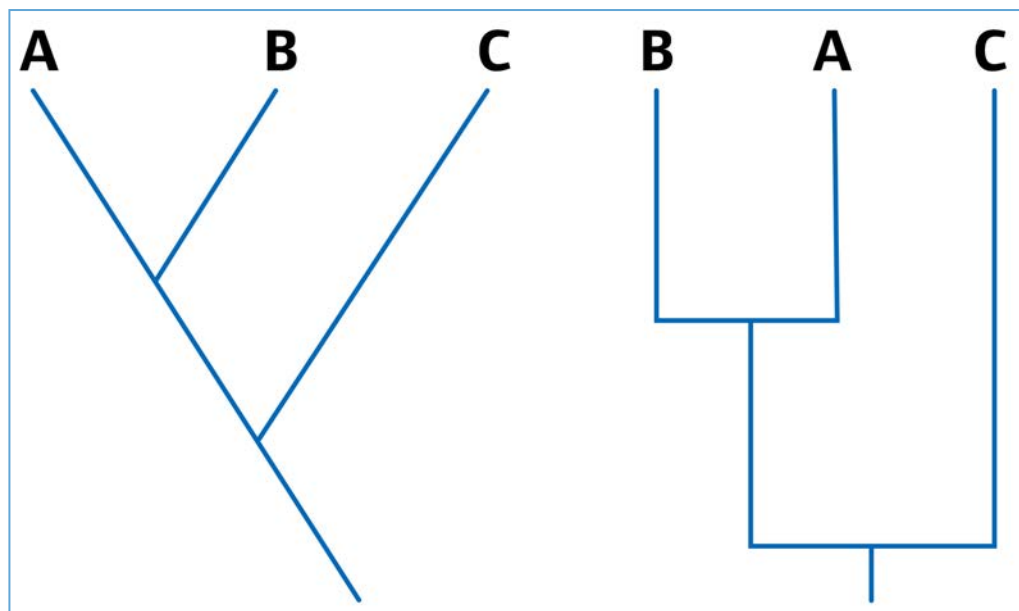
## 2º Ciclo investigativo

### Proposição e resolução do problema

O segundo ciclo investigativo tem duração de duas aulas, durante as quais os alunos recebem uma breve explanação expositiva sobre: o que é um cladograma e como fazer sua leitura; o conceito de ancestralidade comum e a diferença entre hipóteses e evidências. Para tal, sugere-se a exposição de um cladograma esquemático (Figura 3) para auxiliar na representação e entendimento desses pontos-chave.

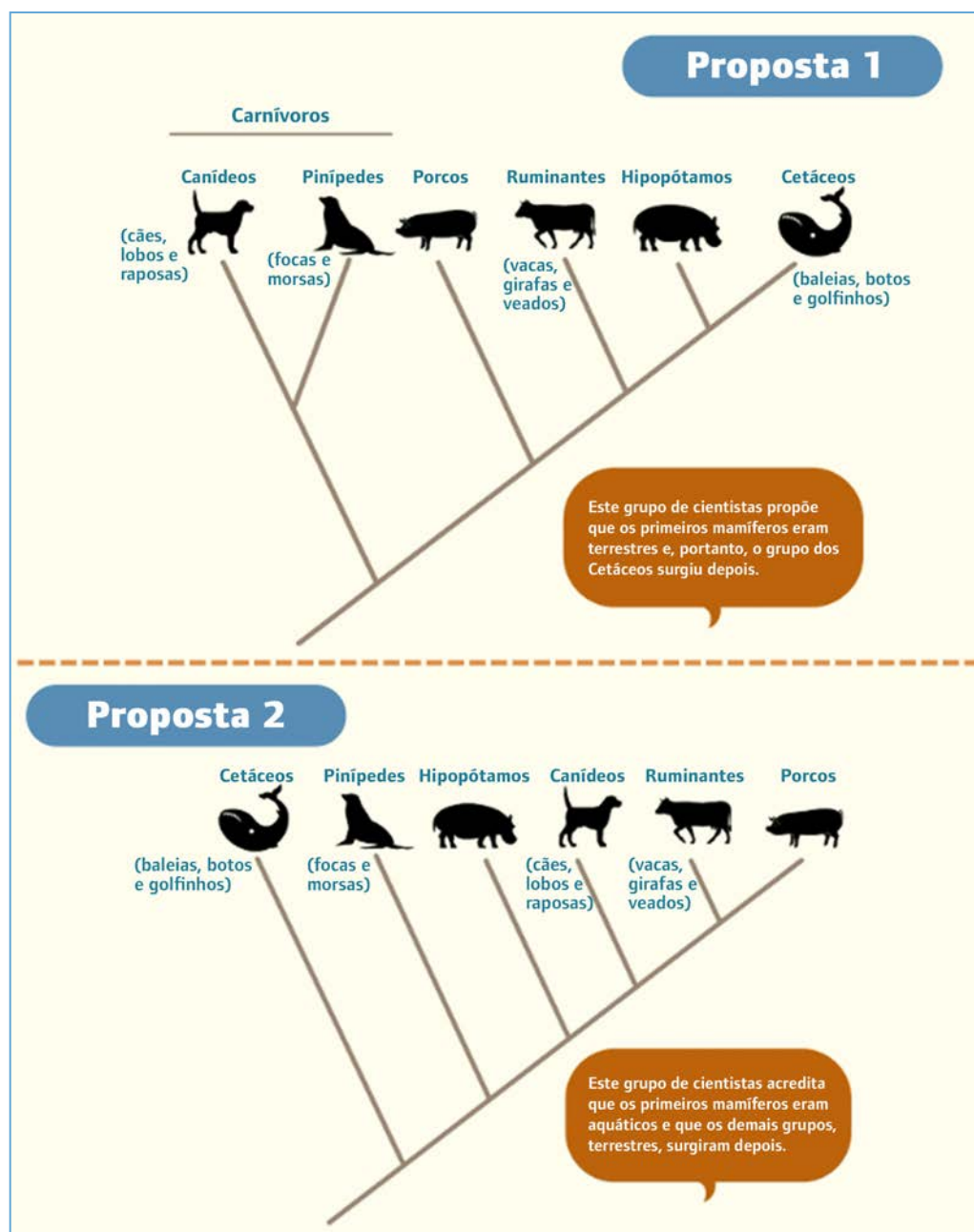
Em pequenos grupos, os estudantes recebem um roteiro de atividades e um dossiê de evidências. No roteiro há duas hipóteses filogenéticas (Figura 4) para a evolução dos cetáceos dentro de mamíferos, com a pergunta:

*“Qual das duas filogenias apresentadas você acredita que é a mais apropriada? Justifique com base nas evidências do Dossiê”.*



**Figura 3.**

Modelos genéricos de cladogramas sugeridos para a introdução desta nova ferramenta gráfica aos alunos. Cladogramas são diagramas que representam padrões de descendência entre seres vivos. Apesar de diferentes, os exemplos fornecidos acima podem ser lidos de acordo com os mesmos princípios. As pontas dos ramos (A, B ou C) indicam espécies atuais; pontos em que há bifurcação de ramos são chamados de nós e representam uma espécie ancestral que se separou em duas novas linhagens. O eixo vertical dos diagramas representa a passagem do tempo evolutivo, que varia da base (mais antigo) às pontas dos ramos (mais recente). Fonte: KROUPRIANOV, 2006 - CC BY-SA 3.0 - disponível no repositório digital da Wikimedia Commons.



**Figura 4.** Hipóteses filogenéticas concorrentes apresentadas aos estudantes. Proposta 1 adaptada de Spaulding, O’Leary e Gatesy (2009), doi: 10.1371/journal.pone.0007062.

O referido dossiê é um documento contendo:

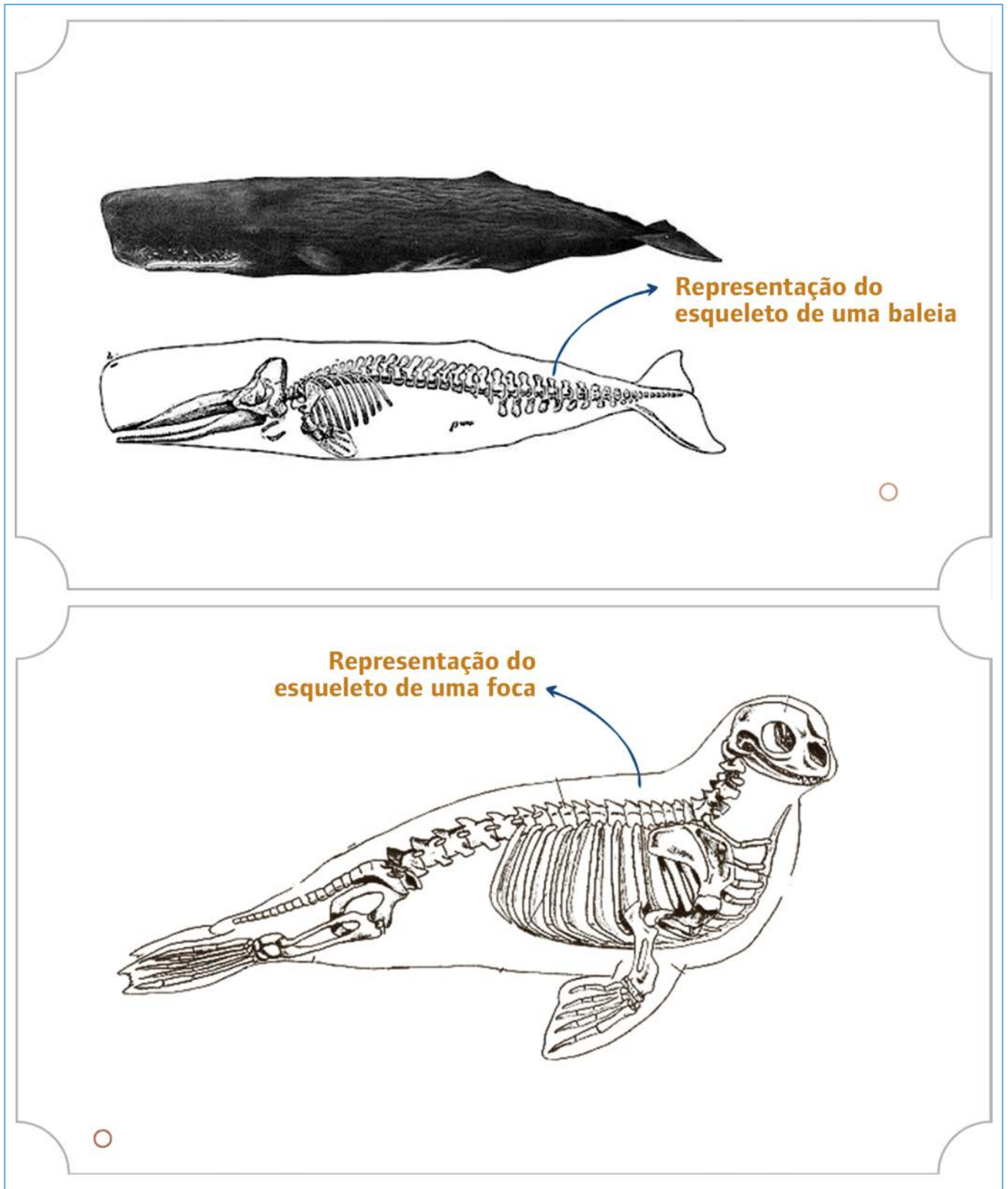
Figura	Conteúdo
Figura 4	As duas filogenias representativas de hipóteses conflitantes, já referidas acima, com um balão explicativo sobre a interpretação de suas relações, uma vez que este era o primeiro contato dos estudantes.
Figura 5	Fotografias dos animais que ocupam os terminais da filogenia.
Figura 6	Representação em vista lateral do corpo de uma baleia e esquema do esqueleto de uma baleia e de uma foca como exemplo de outro mamífero aquático.
Figura 7	Esquema do esqueleto de um cachorro, como exemplo de mamífero terrestre.
Figura 8	Esqueleto e reconstrução do fóssil de <i>Pakicetus sp.</i> , um cetáceo extinto com características nitidamente marcantes do hábito terrestre (a exemplo do tamanho das falanges e membros posteriores).
Figura 9	Esqueleto e reconstrução do fóssil de <i>Dorudon sp.</i> , um cetáceo extinto com características nitidamente marcantes do início da conquista do ambiente aquático (a exemplo das modificações dos membros, em especial a redução dos membros posteriores).

**Tabela 1.** Lista de conteúdos das figuras presentes no Dossiê de Evidências. Fonte: Elaboração dos autores.



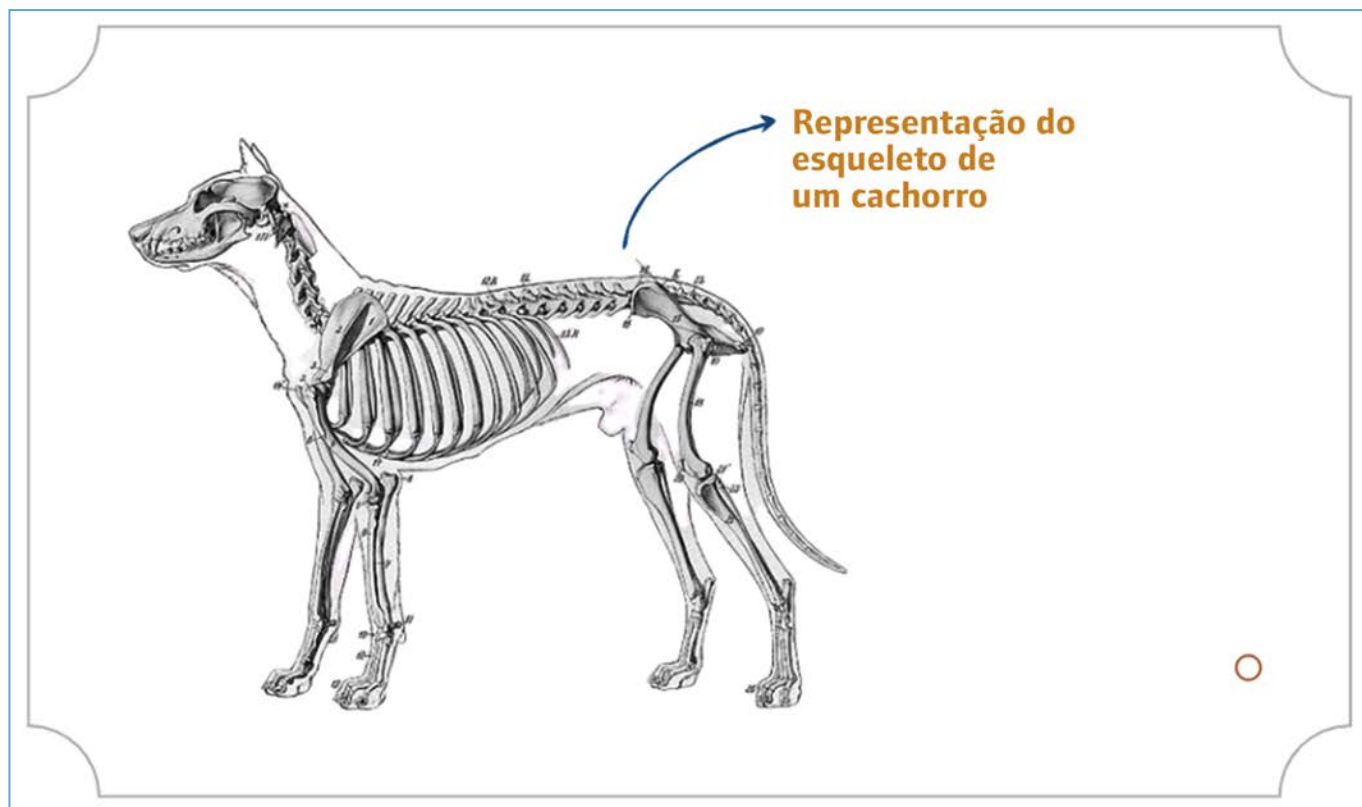


**Figura 5.** Animais que ocupam os terminais das propostas de cladograma fornecidas aos alunos. Fonte: compilação dos autores. Montagem a partir de imagens coletadas no repositório digital da Wikimedia Commons.

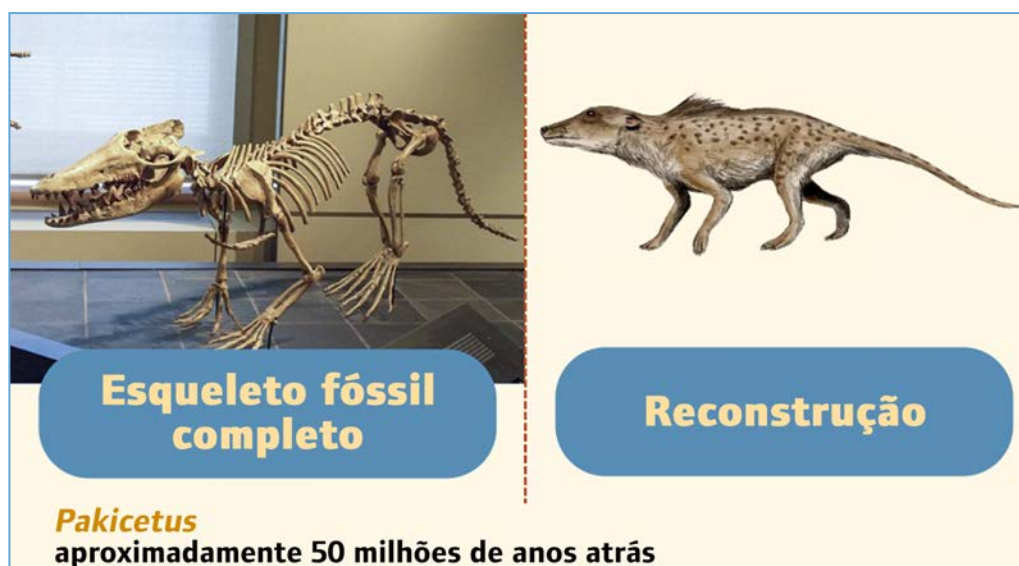


**Figura 6.**

**a)** Representação do esqueleto do cachalote *Physeter macrocephalus*. Fonte: LYDEKKER, 1894 - disponível no repositório digital da Wikimedia Commons. **b)** Representação do esqueleto de uma foca. Fonte: MEATBIKE, 2019 - CC BY-SA 4.0 - disponível no repositório digital da Wikimedia Commons.



**Figura 7.** Representação esquemática do esqueleto de um cachorro em vista lateral. Fonte: DITTRICH, 1889 - disponível no repositório digital da Wikimedia Commons.



**Figura 8.**  
**a)** Esqueleto de *Pakicetus* presente no museu de história natural de Ottawa, Canadá.  
**b)** Reconstrução de *Pakicetus inachus* desenhada a lápis e colorida digitalmente pelo paleoartista Nobu Tamura. Disponível no repositório digital da Wikimedia Commons.



**Figura 9.**

**a)** Esqueleto de *Dorudon atropis* no museu Senckenberg em Frankfurt, Alemanha. **b)** Reconstrução de *Dorudon sp.* desenhada a lápis e colorida digitalmente pelo paleoartista Nobu Tamura. Disponível no repositório digital da Wikimedia Commons.

Inicialmente, os alunos realizam a leitura e compreensão das imagens nos pequenos grupos. Sugere-se que o docente reforce que os animais presentes na filogenia representam grupos maiores e que não contemplam a diversidade total de mamíferos. O docente faz a mediação em atendimentos individuais a cada grupo, a partir de novas questões:

- ♦ *O que são estes ossos tão pequenos que ficam próximos de onde esperaríamos encontrar as pernas das baleias, se elas os tivessem? Eles parecem ter alguma função? O que eles podem indicar?*
- ♦ *Olhando o esqueleto, você diria que a baleia tem dedos? E a foca? O que isso pode indicar?*
- ♦ *O esqueleto da foca é mais semelhante ao da baleia ou ao do cachorro? Quais são as semelhanças e diferenças?*
- ♦ *Quais as principais diferenças entre o Pakicetus e o Dorudon? Onde vocês acreditam que esses animais viviam? Qual deles vocês acham mais semelhante às baleias atuais? O que isso indica sobre a origem dos cetáceos?*

## Discussão e sistematização

Após a realização da tarefa em grupo, os estudantes compartilham com o grupo-sala as conclusões às quais chegaram, e realiza-se uma discussão coletiva sobre os conflitos entre as explicações apresentadas por cada grupo. Na discussão, pode ser valorizada a ideia de que na ciência as hipóteses são revisitadas com o surgimento de novas evidências, como

os fósseis relativamente recentes que foram apresentados.

Ao final da discussão, é feita uma sistematização oral das hipóteses apresentadas. Neste momento, o professor deve explicitar a resposta do problema proposto para este ciclo de investigação, ou seja, que a proposta 1 é considerada mais apropriada para refletir a história evolutiva de mamíferos. Para isso, o docente deve retomar as evidências fornecidas aos alunos, em especial os fósseis de ancestrais de cetáceos (*Pakicetus* e *Dorudon*), que possibilitam reconstituir parcialmente a transição dos ancestrais deste grupo do ambiente terrestre para o aquático. Além disso, o professor também pode relatar aos alunos que a hipótese 1 é suportada por outras evidências, além das trabalhadas em sala, e que atualmente a sua aceitação constitui um consenso no meio científico.

Por fim, os alunos realizam a sistematização escrita da discussão em sala, revendo suas respostas anteriores e realizando alterações, sem, no entanto, apagar os “erros” que supunham ter cometido.

Esta etapa permite uma retomada das expectativas de aprendizagem abordadas anteriormente nesta sequência didática, a partir da análise morfológica dos grupos apresentados sob uma perspectiva evolutiva. Além disso, a interpretação correta da árvore filogenética de mamíferos é necessária para a análise das hipóteses contrastantes apresentadas aos alunos para explicar a evolução do grupo de cetáceos, contemplando, assim, a última expectativa de aprendizagem esperada.

## Relatos da experiência e reflexões posteriores

Durante a aplicação, pudemos notar alguns aspectos da sequência didática que funcionaram bem, assim como aspectos que poderiam ser melhorados. Vale ressaltar que o fato de a aplicação ter ocorrido em turmas de uma mesma escola limita o escopo de generalizações quanto ao que será discutido a seguir. Cada contexto possui suas particularidades e não seria possível elaborar uma atividade universalmente bem-sucedida.

Notamos que o primeiro ciclo investigativo funcionou muito bem, e muitas das respostas esperadas foram contempladas em falas dos estudantes. Durante a primeira atividade, a maioria dos grupos citou glândulas mamárias e pelos, e muitos citaram características reprodutivas típicas de mamíferos e respiração pulmonar também. Acreditamos que isso

seja reflexo da familiaridade dos estudantes com o grupo e com o tipo de atividade aplicada. Dado que as turmas estavam em um módulo sobre classificação dos seres vivos, acreditamos que isso também contribuiu para o bom prosseguimento desta etapa.

Como proposta de melhoria para esta etapa da sequência didática, sugerimos uma tarefa extra, que possibilita a aplicação dos conhecimentos construídos na investigação anterior em outro contexto. Nesta atividade, os estudantes seriam apresentados ao Tubarão-baleia (*Rhincodon typus*) por meio de uma imagem (Figura 10) e texto descritivo sobre a espécie. A orientação para o desenvolvimento da atividade seria a seguinte:

*“O animal do texto acima pode ser considerado um cetáceo? Justifique sua resposta utilizando-se dos seus conhecimentos sobre mamíferos e cetáceos, e compare estes conhecimentos com as informações citadas no texto. A justificativa será corrigida pelo professor usando os critérios sumarizados na tabela abaixo. Você pode utilizá-los durante a elaboração da resposta como guia do que será exigido.”*

**Tabela 2.**

Critérios para as respostas esperadas.

<b>Texto (1,0)</b>	(1,0) A resposta é legível e coerente	(0,5) A resposta é parcialmente legível OU apresenta problemas de redação que dificultam seu entendimento	(0,0) A resposta é ilegível OU a redação apresenta problemas de redação que impedem seu entendimento
<b>Conceitos (1,0)</b>	(1,0) Utilizou corretamente os conceitos discutidos nas questões 1 e 2	(0,5) Utilizou parcialmente os conceitos discutidos nas questões 1 e 2, tornando a resposta incompleta OU utilizou algum conceito incorretamente	(0,0) Não utilizou corretamente os conceitos discutidos nas questões 1 e 2
<b>Justificativa (2,5)</b>	(2,5) A justificativa comparou corretamente e de maneira completa os conceitos discutidos nas questões 1 e 2 com as informações presentes no texto	(1,25) A justificativa comparou de maneira incompleta OU parcialmente incorreta os conceitos discutidos nas questões 1 e 2 com as informações presentes no texto	(0,0) A justificativa não utilizou nenhum conceito discutido nas questões 1 e 2 OU comparou de maneira incorreta
<b>Classificação (0,5)</b>	(0,5) Seus argumentos embasam a sua escolha de classificação	(0,25) Seus argumentos embasam parcialmente sua escolha de classificação	(0,0) Seus argumentos não embasam sua escolha de classificação

Observação: as respostas esperadas estão descritas no item Respostas.



### Mas afinal... é tubarão ou baleia?

Os tubarões-baleia alcançam, em média, 10 a 14 metros de comprimento e pesam de 6 a 10 toneladas. Apesar de serem tão grandes, esses animais são dóceis e se alimentam de plâncton, krill, pequenos crustáceos, lulas e peixes, por meio da filtração.

O tubarão-baleia é ovovivíparo, o que significa que o embrião é formado dentro de um ovo, que então eclode no útero da mãe. No final, os jovens são liberados para o mar completamente formados. O único tamanho de ninhada já documentado foi de mais de 300 filhotes.

A pele de um tubarão-baleia adulto pode ter até 10 cm de espessura e tem a consistência de borracha forte, o que limita possíveis ataques de baleias assassinas, grandes tubarões brancos, tubarões-tigre e humanos.

Disponível em: <https://olharoceanografico.com/mas-afinal-e-tubarao-ou-e-baleia/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2023.

### Figura 10.

Tubarão-baleia (*Rhincodon typus*) no Santuário Marinho Nacional Flower Garden Banks, localizado no estado do Texas, nos Estados Unidos. Fonte: ECKERT, 2011 - disponível no repositório digital da Wikimedia Common.

O segundo ciclo investigativo se mostrou mais desafiador para os estudantes, o que corresponde com a pouca familiaridade deles com a nomenclatura (e.g. evidências, hipóteses) e os procedimentos necessários para a realização da tarefa. Observamos que os educandos se mostraram menos motivados a completar esta etapa da tarefa, ainda que ao longo da discussão no grupo-sala tenham obtido um engajamento maior das turmas como um todo. Acreditamos que as dificuldades encontradas não estavam relacionadas com a falta de conhecimento sobre os conceitos trabalhados, mas sim com as práticas demandadas pelas tarefas.

É preciso ter em mente que um desafio só será motivador caso sua dificuldade esteja adequada para os educandos envolvidos na tarefa; desafios não devem ser difíceis a ponto de desmotivar os alunos, nem fáceis a ponto de não estimular um desencadear de ideias. A adequação dessa dificuldade deve ser realizada com base no contexto de aplica-

ção, e com conhecimento das singularidades dos alunos.

Ainda assim, quando diante de dificuldades, o educador pode se sentir tentado a direcionar demais ou mesmo fornecer as respostas aos alunos. Contudo, conforme discutido por Carvalho (2013) a autenticidade do aprendizado de habilidades está vinculada à tentativa de realização da tarefa e com a possibilidade de errar e aprender com os erros. A desmotivação observada pode ter sido fruto da relação negativa que os estudantes têm com o erro e o medo de errar. Cabe ao professor incentivar as tentativas autênticas e abrir espaço para o erro e o aprendizado a partir dele.

Outro fator que desempenha um papel importante na desmotivação é o pouco tempo despendido para o desenvolvimento das habilidades de análise e interpretação de cladogramas. Indicamos a inserção de uma ou mais aulas dedicadas a essas habilidades, a

depende dos conhecimentos prévios dos estudantes e da disponibilidade de aulas para execução da sequência didática.

Além disso, percebemos que um grande obstáculo à compreensão adequada dos cladogramas e do panorama apresentado – o que inclui a descoberta dos fósseis – foi o **pensamento tipológico**, ou essencialista, dos estudantes. Acreditamos que essa sequência ficaria, portanto, melhor alocada após outras atividades que estimulassem o pensamento populacional, necessário para a compreensão da diversidade orgânica e da evolução biológica com base em seleção natural, premissas importantes no contexto conceitual trabalhado. Além disso, acreditamos que seria interessante incluir evidências de outras fontes – como a geologia e a geografia – para dar aos alunos um panorama mais completo da história evolutiva apresentada, que abarcasse não só os animais, mas também o meio no qual estes estão inseridos. Isto porque houve, entre os educandos, dificuldades para a compreensão do tempo geológico; informações descontextualizadas de outras disciplinas, ou mesmo de ciências – mares da terra primitiva, a existência da Pangeia –, foram levantadas pelos alunos, mesmo sendo relativas a períodos temporais muito distantes daqueles nos quais os animais dos fósseis apresentados viveram.

Por último, consideramos que a sequência aqui apresentada também poderia ser articulada ao trabalho de relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA). Isto porque ao longo da costa brasileira estão distribuídas diversas espécies de cetáceos, como cachalotes, golfinhos e baleias; espécies costeiras que tendem a ser residentes de uma região restrita, que utilizam como abrigo e fonte de recursos alimentares. Dada a importância econômica da costa brasileira em termos de recursos pesqueiros e, mais recentemente, para a indústria petroleira, essas espécies estão sujeitas a diversas ameaças antrópicas, como a captura acidental em redes de emalhe, já reconhecida como uma ameaça global à conservação desse grupo. Cetáceos de água doce também se encontram ameaçados pela pesca. Para este estudo, o boto-cor-

-de-rosa (*Inia geoffrensis*), que figura como personagem do folclore brasileiro, pode ser ponto de partida devido à atual ameaça de extinção da espécie.

## Respostas esperadas

### 1º ciclo investigativo

1. “*Todos os animais apresentados abaixo são classificados pelos biólogos como mamíferos. Observe as imagens e liste as características que você acha que justificam essa classificação.*”

Nas imagens de mamíferos apresentadas, é esperado que os alunos identifiquem diversas características, como: corpo recoberto por pelos, quatro membros locomotores, boca, olhos, narinas etc. Também é possível que sejam levantadas informações a partir de conhecimentos prévios, como: respiração pulmonar, cuidado parental, amamentação etc.

Algumas dessas características, embora sejam comuns aos animais apresentados, estão amplamente difundidas também em diversos animais não mamíferos. Isoladamente, esses caracteres não podem ser utilizados para justificar a classificação de um animal como mamífero. É o caso da presença de boca e olhos, quatro membros locomotores e respiração pulmonar. Isso pode ser problematizado com os alunos, ao levantar com eles exemplos de peixes, répteis ou aves que também apresentem esses caracteres e, portanto, impossibilitem sua utilização como critérios isolados de classificação para o grupo analisado.

Entre as características, apenas pelos e a amamentação se sustentam como exclusivas de mamíferos e, portanto, devem ser o foco da investigação nos próximos momentos.

### 2. Atividade sugerida

O tubarão-baleia não pode ser considerado um cetáceo pois não apresenta características que definem este grupo, como a amamentação e a presença de (poucos) pelos.

### Pensamento tipológico -

crença de que a variação da natureza pode ser reduzida a um número limitado de classes básicas representando tipos constantes e nitidamente delimitados.

Apesar de apresentar características semelhantes a baleias, como as nadadeiras e o formato hidrodinâmico, permitindo a vida no ambiente aquático, há características que distinguem estes grupos como o fato de o tubarão respirar por brânquias, como os peixes, enquanto a baleia apresenta respiração pulmonar, como os demais mamíferos e outros grupos.

## 2º ciclo investigativo

1. “Quais das características mencionadas na pergunta anterior você consegue identificar nos cetáceos?”

Entre as características identificadas na pergunta anterior, que incluem caracteres exclusivos e não exclusivos de mamíferos, é esperado que sejam identificadas também nos cetáceos: respiração pulmonar, cuidado parental, amamentação (glândulas mamárias) e pelos.

Embora não esteja representada explicitamente nas imagens, a presença de narinas e

a necessidade de emergir para respirar indicam que esses animais realizam respiração pulmonar, uma característica que, embora não seja exclusiva de mamíferos, é difundida entre os representantes do grupo. O cuidado parental, indicado na Figura 2a, embora também não seja exclusivo do grupo, pode levar à menção da amamentação, característica exclusiva dos mamíferos, assim como os pelos, que podem ser identificados na imagem da baleia-jubarte (2b), em que é possível notar folículos capilares. Esses dois últimos caracteres são suficientes para a classificação de cetáceos como mamíferos.

2. “Identifique as características que permitem a sobrevivência destes animais no ambiente aquático.”

Entre as características que permitem a sobrevivência destes animais no ambiente aquático é possível citar a migração da narina para a região dorsal, o formato hidrodinâmico do corpo e a diferenciação de membros anteriores em nadadeiras.



## Referências bibliográficas

SPAULDING, M.; O'LEARY, M. A.; GATESY, J. Relationships of Cetacea (Artiodactyla) Among Mammals: increased taxon sampling alters interpretations of key fossils and character evolution.

*Plos One*, v. 4, n. 9, 23 set. 2009. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0007062>.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Ensino de Ciências por Investigação*. São Paulo: Cengage Learning. Cap. 1. p. 1-20, 2013.