

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGIA**

**Projeto de Iniciação Científica**

**O PENSAMENTO FILOGÉTICO NO ENSINO DE BIOLOGIA**

**Aluna:** Marcela D'Ambrosio

**Orientador:** André Victor Lucci Freitas

**Co-orientador:** Fernando Santiago dos Santos

**Campinas**

**2014**

## Resumo

A sistemática filogenética é a área da biologia que estuda as relações de parentesco entre os organismos, sendo a árvore filogenética a representação visual mais direta da evolução. Nos dias de hoje, esta área tem posição central nos estudos evolutivos. No entanto, a compreensão deste assunto tanto pelo público leigo quanto pelos cientistas ainda é muito limitada. Essa limitação não apenas está relacionada com sua interpretação, mas também com seu significado. Dentre os equívocos mais detectados, a ideia de progresso certamente é a mais contrária às ideias modernas do processo evolutivo.

Este projeto tem por objetivo diagnosticar a presença da ideia de progresso evolutivo, dentre outros deslizes comuns, em estudantes ingressantes em cursos de graduação de Ciências Biológicas de diferentes IES. Adicionalmente, pretende-se verificar a possibilidade de usar o ensino de Sistemática Filogenética como opção pedagógica para contradizer e desmitificar a ideia de progresso evolutivo.

**Palavras-chave:** *Ensino de Biologia, Progresso Evolutivo, Sistemática Filogenética, Pensamento Filogenético.*

## Introdução e justificativa

As ideias revolucionárias de Darwin, conhecidas popularmente como “Teoria da Evolução”, ainda sobrevivem depois de mais de um século, apesar dos avanços científicos alcançados em todas as áreas da biologia (Pievani, 2012). Ironicamente, na primeira edição de seu livro “*A Origem das espécies*” (1859), Darwin emprega o termo “evolução” apenas uma vez; em sua obra ele nomeou sua teoria como “transmutação” ou “descendência com modificação” (Darwin, 1859)

O termo “evolução” já era conhecido e empregado desde muito tempo atrás, sendo usado principalmente pelos pré-formistas, como por exemplo Charles Bonnet (1720-1793) e Antonie van Leeuwenhoek (1632,-1723), desde o século XVIII para designar um desenvolvimento individual, ou seja, algo que se desenrola em uma direção pré-definida. Logo, a preferência de Darwin por evitar tal termo e criar um novo nome indica sua preocupação em desvincular um significado de direção pré-determinada da sua teoria (Pievani, 2013).

Mesmo que o darwinismo não tenha um significado progressista, a ideia de “progresso” foi equivocadamente considerada como pertencente à teoria e como uma verdade na comunidade científica desde a publicação de “*A Origem das Espécies*”.

Foi apenas com a publicação do livro de divulgação científica “*Vida Maravilhosa – o acaso na evolução e a natureza da história*” (Gould, 1990) que começou a se difundir uma mudança de paradigma com relação à evolução (ou “concepção da vida”, seguindo o próprio autor). Tal mudança de visão derivou-se da reinterpretação dos fósseis de Burgess, fossilífero canadense com uma vasta gama de exemplares de animais que viveram logo após a “explosão do Cambriano”. O Cambriano é um período geológico que ocorreu aproximadamente entre 540 e 485 milhões de anos atrás (IUGS, 2013) e foi caracterizado pelo

aparecimento de uma grande quantidade de espécies pluricelulares, de onde derivou-se a expressão explosão. *A priori*, os animais encontrados em Burgess foram classificados dentro dos filos atuais e foram considerados ancestrais dos animais vivos hoje. No entanto, a maioria apresentava morfologia e adaptações tão únicas que foi necessário propor vários novos filos. Assim, parte-se de um modelo do “cone de diversidade crescente”, tipicamente progressista, no qual o número de espécies cresce com o tempo e estas vão se tornando mais complexas e mais adaptadas, para um modelo de “experimentação e decimação”. No segundo caso, após experimentação de nicho caracterizada por uma grande quantidade de novidades morfológicas, segue-se uma extinção de grande parte das espécies. Por exemplo, nos fósseis de Burgess, foco principal do livro de Gould, foram encontrados mais de 20 diferentes “bauplans” de artrópodes. Atualmente, o número de espécies de artrópodes é supostamente muito maior que na época daqueles fósseis, mas todas as espécies atuais são classificadas dentro de apenas quatro planos anatômicos (Gould, 1990).

A questão do modelo de “experimentação e decimação” por si só não é capaz de eliminar a ideia de progresso na evolução, deve-se adicionar o fator da contingência. O que determinou a sobrevivência de alguns organismos na região do fossilífero de Burgess no Cambriano ao invés de outros? O que aconteceria se outros organismos tivessem sobrevivido? Os que sobreviveram eram realmente os mais adaptados? Indubitavelmente, caso outros organismos tivessem sobrevivido a biodiversidade que seria encontrada seria diferente da que tem-se atualmente, pois toda a cadeia de eventos seria certamente diversa (Pievani, 2011). Em conclusão, cada história carrega uma vasta e imprevisível gama de possibilidades, mas uma vez que segue um caminho, torna-se irreversível. Por isso, Gould sustenta que se voltássemos o filme da vida e mudássemos o aparecimento e desaparecimento de alguns grupos, a história evolutiva seria completamente diferente.

Voltando ao progressismo propriamente dito, a ideia de progresso é ainda altamente difundida na sociedade. Como exemplo, alguns autores sustentam que uma translocação do sentido cultural de progresso, baseado no desenvolvimento tecnológico, social e científico na vida humana, influenciaria a compreensão dos processos evolutivos, intensificando a ideia de progresso no sentido biológico, mesmo que inconscientemente (Ruse, 1996) e criando obstáculos para a compreensão livre de preconceitos da história da vida e da evolução.

## **Filogenia e Árvores Filogenéticas**

A representação gráfica mais direta e difundida do processo evolutivo é uma árvore filogenética, conhecida popularmente como “árvore da vida”. A ciência que estuda e reconstrói tais árvores é chamada de sistemática filogenética e tem como principal objetivo descobrir os graus de parentesco dentro de um grupo de organismos (Hennig, 1965). O termo “tree-thinking” (aqui traduzido como “pensamento filogenético”) foi cunhado para descrever a habilidade de visualizar relações evolutivas de parentesco na abstração de uma árvore filogenética (Meisel, 2010)

Mesmo que a sistemática filogenética esteja ganhando um espaço cada vez maior nas ciências biológicas, a interpretação das árvores filogenéticas ainda é desafiadora para a maioria dos biólogos

(incluindo cientistas), levando a equívocos claros relacionados ao progresso evolutivo. Portanto, a aquisição de habilidades no pensamento filogenético é ainda um desafio, e um componente educacional crítico (Gregory, 2008).

Na literatura acadêmica existem várias propostas metodológicas de como ensinar Filogenia para graduandos de Ciências Biológicas (Goldsmith, 2003; Perry et al, 2008; Meisel, 2010, entre outros), todas mostrando que a “alfabetização filogenética” é possível baseando-se na compreensão de conceitos ao invés da memorização da terminologia. Um outro aspecto importante analisado por esses artigos é a presença de erros conceituais na interpretação e entendimento de árvores filogenéticas, a maioria decorrentes da noção de progresso na evolução.

Como as árvores filogenéticas representam visualmente a biodiversidade num contexto histórico e deixam explícitas as relações entre as espécies e diferentes *taxa*, o pensamento filogenético pode ser uma ferramenta de ensino poderosa para desmistificar a ideia de progresso na evolução.

## **Objetivos**

1 – Avaliar as habilidades relacionadas ao pensamento filogenético de alunos do curso de Ciências Biológicas (bacharelado e licenciatura), como por exemplo a habilidade de compreender o significado evolutivo de uma árvore filogenética, perceber a relação de parentesco entre os *taxa* representados nela, interpretar corretamente a passagem do tempo, entre outros; avaliar a presença ou não da ideia de progresso na compreensão dos processos evolutivos.

2 – Elaborar e aplicar metodologias de ensino capazes de aprimorar o pensamento filogenético e as habilidades relacionadas a ele, em parceria com disciplinas introdutórias a sistemática filogenética.

3 – Avaliar a mudança de concepção por meio das metodologias supramencionadas e a capacidade de tais atividades de desmistificar a ideia de progresso biológico entre os estudantes.

## **Material e Métodos**

A primeira e principal etapa da pesquisa será baseada no diagnóstico dos conhecimentos preliminares de sistemática filogenética dos alunos do curso de graduação em Ciências Biológicas e na identificação da presença do conceito de progresso na compreensão da teoria evolutiva (doravante denominada “etapa diagnóstica”), a partir de um questionário. Serão envolvidos alunos ingressantes de pelo menos três Instituições de Ensino Superior, incluindo duas públicas e uma particular (os contatos já foram feitos com UNICAMP, PUCAMP e IFSP campus São Roque).

O ponto de partida serão os principais equívocos e falhas na compreensão e interpretação de árvores filogenéticas (ver Gregory 2008). O questionário diagnóstico será dividido em três partes: 1) Uma parte baseada no conteúdo de sistemática filogenética em si, baseado no “The Tree Thinking Challenge” (Baum, 2005), encontrado no Anexo I desse projeto; 2) Uma segunda parte baseada na opinião dos estudantes sobre a Teoria da Evolução, como no estudo de Cunningham e Wescott (2009), para a identificação das concepções

errôneas específicas daquele grupo de alunos e suas opiniões sobre a natureza da ciência e a evolução; e, 3) A terceira parte, também baseada em Cunningham e Wescott (2009), constará de dados individuais de cada aluno, dentre estes a idade, o sexo, estudos sobre evolução realizados durante o Ensino Médio, dentre outros a serem definidos. O objetivo deste diagnóstico é traçar o perfil dos estudantes que participarão do estudo e investigar se existem diferenças significativas entre os grupos definidos por estas características (como encontrado em Cunningham, 2009).

Outros estudos que utilizaram a análise qualitativa de questionários serão utilizados como base para elaboração do questionário, análise dos resultados e elaboração do diagnóstico, como Meir (2007) e Smith (2011), além do livro *“Pesquisa em educação: Uma abordagem qualitativa”* (Lüdke & André, 1986)

Em uma segunda etapa, após a etapa diagnóstica, serão elaboradas atividades de intervenção em cursos introdutórios de sistemática filogenética e evolução, que desenvolvam habilidades relacionadas ao pensamento filogenético, com o objetivo direto de discutir e desmitificar a ideia de progresso na evolução. A principal intervenção pedagógica será baseada na atividade proposta por Goldsmith (2003), chamada “A Grande Corrida dos Clados” (Anexo 2), a qual tem como objetivo desenvolver a lógica do pensamento filogenético por meio de uma atividade dinâmica com a participação ativa dos estudantes. Essa intervenção mostrou-se eficiente no ensino de sistemática filogenética, alcançando resultados melhores que o ensino tradicional/expositivo (Goldsmith, 2003). Existem, também, *software* educacionais que podem ser aplicados, que também se mostraram ferramentas eficientes no ensino (Perry, 2008). Dependendo do diagnóstico das turmas participantes do projeto, atividades específicas podem ser criadas, além de discussões posteriores sobre o conteúdo para consolidação e eliminação de possíveis dúvidas.

Preende-se reaplicar o questionário diagnóstico com algumas das turmas pré-avaliadas para comparação com os resultados iniciais com aqueles após a intervenção. Entretanto, essa etapa é dependente em grande parte das IES a serem avaliadas.

### **Plano de trabalho e cronograma de execução**

Atividade/tarefa	1º semestre 2015		2º semestre 2015	
	jan-mar	abr-jun	jul-set	out-dez
Elaboração de questionário	X	X		
Aplicação de questionário	X	X		
Análise das respostas		X	X	X
Elaboração das atividades (metodologias de ensino)		X	X	
Aplicação das atividades		X	X	X
Relatório Parcial		X		

Aplicação das atividades		X	X	
Reaplicação dos questionários			X	X
Análise dos questionários			X	X
Relatório Final				X

### **Forma de análise dos resultados**

Num primeiro momento, será realizada uma análise qualitativa dos questionários para identificação da ideia de progresso na evolução e dos erros interpretativos de árvores filogenéticas, construindo um conjunto de categorias descritivas iniciais e sub-categorias que serão definidas a partir das respostas dos questionários. A decisão sobre a unidade de análise que será utilizada também será feita nessa etapa inicial, que, como levantado por Holsti (1969), podem ser duas: unidade de registro e unidade de contexto. Enquanto a primeira prioriza conteúdos específicos, a segunda valoriza o contexto no qual determinados conteúdos aparecem, e não apenas sua frequência. No caso específico do levantamento dos principais erros relacionados à interpretação de árvores filogenéticas, a codificação do material levantado em unidades de registro será mais útil, objetivando assim a determinação de quais são esses erros e a frequência que eles ocorrem (Lüdke & André, 1986). Porém, a partir das respostas obtidas, poderá ser considerada também a codificação em unidades de contexto. Estes dados servirão de base para o desenvolvimento das atividades de intervenção.

Após a reaplicação do questionário, os resultados serão analisados de forma comparativa, baseando-se nas respostas obtidas nos questionários pré- e pós-intervenção. Será avaliada a melhora nas habilidades relacionadas ao pensamento filogenético de forma quantitativa, sendo estas habilidades comparadas, também, com a literatura existente. Subsequentemente, será feita uma análise qualitativa das respostas relacionadas a presença da ideia de progresso na compreensão da evolução.

Como abordado por Lüdke & André (1986), existe uma série de questões éticas decorrentes da interação entre os sujeitos pesquisados e o pesquisador. Uma das formas de se evitar problemas antiéticos é pedindo o consentimento aos participantes da pesquisa, assim como manter o anonimato dos mesmos (Anexo 3). Nesse trabalho, ambas as medidas serão acatadas.

## Referências bibliográficas

- BAUM, D.A; SMITH, S. de W; DONOVAN, S. S. *Supporting Online Material for The Tree-Thinking Challenge*. Science 310, 979 DOI: 10.1126/science.1117727, 2005
- CUNNINGHAM, D.L; WESCOTT, D.J. *Still More “Fancy” and “Myth” than “Fact” in Students’ Conceptions of Evolution*. Evo Edu Outreach, 2009
- DARWIN, C. *A origem das Espécies*. Sexta edição. Editora Escala. São Paulo, 2009
- GOLDSMITH, D.W. *The Great Clade Race – Presenting Cladistic Thinking to biology Major & General Science Students*. The American Biology Teacher, 2003; 65:679-682.
- GOULD, S.J. *La vita meravigliosa: I fossili di Burgess e la natura della storia*. Feltrinelli, Milano, 1990.
- GREGORY, T.R. *Understand Evolutionary Trees*. Evo Edu Outreach, 2008; 1:121-137.
- HENNIG, W. *Phylogenetic Systematics*, Annual Review of Entomology. Vol. 10. 1965; 97-116.
- HOLSTI, O. R. *Content Analysis for the Social Science and Humanities*. Reading, Mass. Addison-Wesley, 1969 In: LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986
- IUGS (International Commission on Stratigraphy). *International chronostratigraphic chart*, 2013. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01.pdf>; acesso em: 08 out. 2014.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986, pg.45-52
- MEIR, E; PERRY, J; HERRON, J.C; KINGSOLVER, J. *College Students’ Misconceptions About Evolutionary Trees*. The American Biology Teacher, online publication, 2007, 71-76
- MEISEL, R.P. *Teaching Tree-Thinking to Undergraduate Biology Students*. Evo Edu Outreach, 2010; 3:621-628
- PERRY, J. MEIR, E. HERRON J.C. MARUCA, S. STAL, D. *Evaluating two approaches to helping college students understanding evolutionary trees through diagramming tasks*. CBE Life Sci Educ. 2008; 7:193-201
- PIEVANI, T. *La vita inaspettata – Il fascino di un’evoluzione che non ci aveva previsto*. Raffaello Cortina, Milano, 2011; 83.
- PIEVANI, T. *An Evolving Research Programme: the Structure of Evolutionary Theory from a Lakatosian Perspective*. In: A. Fasolo, ed. by, *The Theory of Evolution and Its Impact*, Springer- Verlag, New York, 2012, 211-228.
- PIEVANI, T. *Anatomia di una rivoluzione. La logica della scoperta scientifica di Darwin*. Mimesis Edizioni, Sesto San Giovanni (MI), 2013, 131-137
- RUSE, M. *Monad to Man – The concept of Progress in Evolutionary Biology*. Harvard University Press, Cambridge (MA), 1996. 19-41

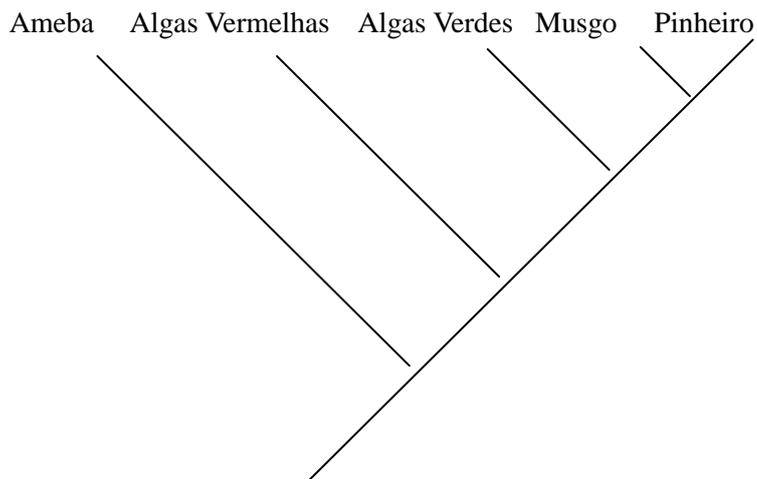
SMITH, J. J; CHERUVELIL. K. S; AUVENSHINE, S. *Assessment of Student Learning Associated with TreeThinking in an Undergraduate Introductory Organismal Biology Course*. CBE—Life Sciences Education vol. 12, 542–552, 2013

# Anexos

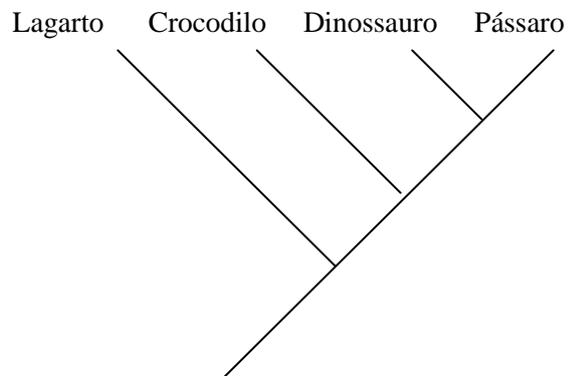
---

## Anexo I – Exemplo de exercícios a serem utilizados na parte teórica do questionário

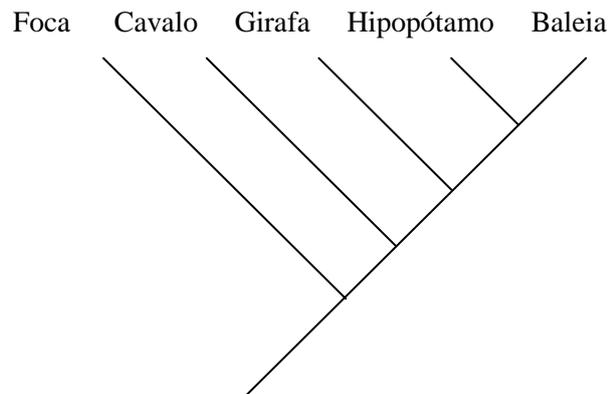
Baseado em D. A. Baum, S. de W. Smith & S. S. Donovan (2005) Science 310, 979 (2005) DOI: 10.1126/science.1117727, 2005



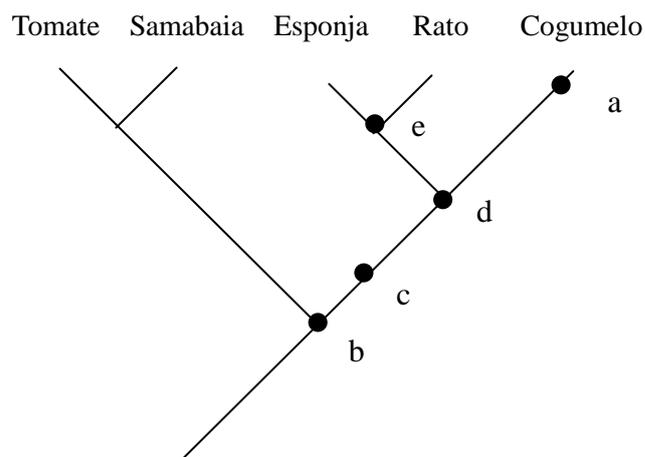
- 1) Tendo como referência o cladograma acima, qual das seguintes afirmações é mais correta:
- a) Algas verdes são mais aparentadas com as algas vermelhas do que com o musgo
  - b) Algas verdes são mais aparentadas com o musgo do que com as algas vermelhas
  - c) Algas verdes são igualmente aparentadas com as algas vermelhas e com os musgos
  - d) Algas verdes são aparentadas com as algas vermelhas mas não tem nenhuma relação com o musgo



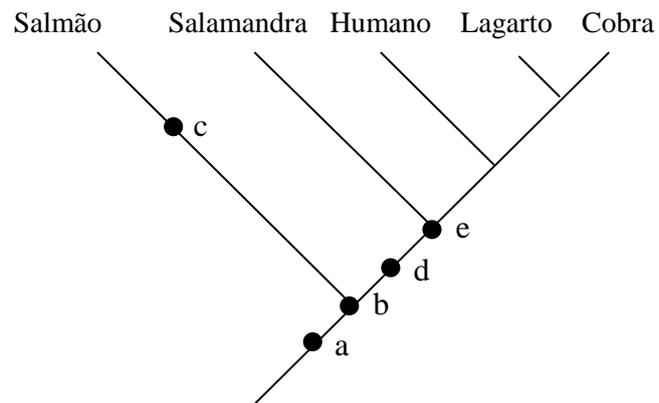
- 2) Usando como referência o cladograma acima, qual das sentenças abaixo está correta?
- Um crocodilo é mais aparentado com um lagarto do que com um pássaro
  - Um crocodilo é mais aparentado com um pássaro do que com um lagarto
  - Um crocodilo é igualmente aparentado com um lagarto e com um pássaro
  - Um crocodilo é aparentado com um lagarto, mas não possui nenhuma relação de parentesco com um pássaro.



- 3) Como referência ao cladograma acima, qual das opções abaixo esta mais correta em relação ao parentesco:
- Uma foca é mais aparentada com um cavalo do que com uma baleia
  - Uma foca é mais aparentada com uma baleia do que com um cavalo
  - Uma foca é igualmente aparentada com um cavalo e com uma baleia
  - Uma foca é aparentada com uma baleia porem não possui nenhuma relação de parentesco com um cavalo



- 4) Qual dos 5 nodos no cladograma acima corresponde ao ancestral comum de uma esponja e um cogumelo?

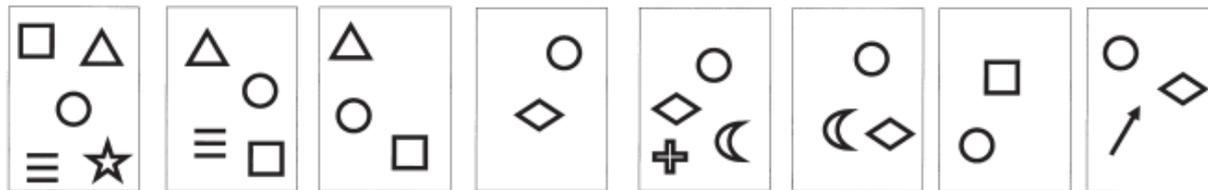


- 5) Se voce tivesse que adicionar uma sardinha ao cladograma acima, de que ponto o ramo de origem desta sairia?

## Anexo II – A Grande Corrida dos Clados

Baseado em: D. W. Goldsmith (2003) American Biology Teacher 9: 679-682

Para esta atividade, a sala deve ser dividida em grupos de três a cinco estudantes. Cada grupo de alunos recebe oito cartões estampados com diferentes formas e diferentes quantidades de figuras (Figura 1).



**Figura 1.** Cartões utilizados na atividade. Cada grupo recebe as oito cartas e devem trabalhar a partir das figuras neles representadas.

A primeira tarefa dos alunos é dividir os cartões em grupos usando qualquer critério que eles estabelecerem. Os critérios mais comuns são baseados na quantidade de figuras (quatro grupos, com duas, três, quatro ou cinco figuras) ou na presença de quadrado ou diamante (dois grupos, um com as cartas que tem diamante, outro com as cartas que tem quadrado). Em seguida, as seguintes instruções são distribuídas:

*Imagine uma corrida de seis participantes por uma floresta. Todos os corredores partem do mesmo ponto, mas em vários lugares, a “pista de corrida” se ramifica e os corredores podem escolher qual das duas ramificações seguir. Esses caminhos nunca voltam a se convergir, o que significa que, uma vez que os corredores escolhem caminhos diferentes, eles nunca se encontrarão de novo. Para ajudar a controlar o caminho dos corredores, cada um recebe no início da corrida um cartão em branco. Em vários pontos da corrida, existem pontos (estações) onde os corredores devem conseguir carimbos. As regras a seguir se aplicam:*

*Os corredores não podem voltar, devem sempre seguir em frente e todos devem completar a corrida.*

*Os corredores são obrigados a coletar os carimbos em cada estação que eles passarem.*

*Cada estação usa apenas um carimbo e cada estação tem um carimbo diferente.*

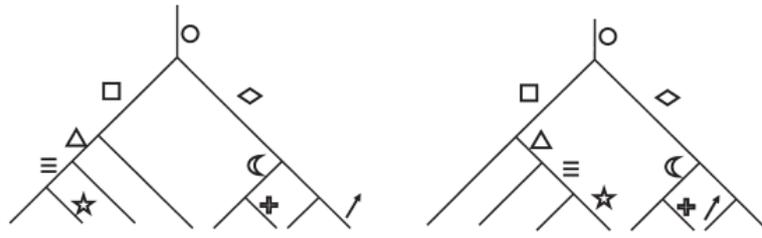
*Quando o caminho se divide, ele se divide apenas em duas partes, nunca três ou mais.*

*Os seis corredores terminam a corrida com seus cartões carimbados, mas eles terminam em diferentes pontos de chegada. O objetivo dessa atividade é usar as informações dos cartões dos oito participantes para reconstruir o mapa da corrida e onde estão as estações.*

*Desenhe o mapa da corrida, indicando o ponto de chegada, as estações, com o desenho do carimbo de cada estação, e a cada linha de chegada, com a letra do corredor que chegou nela.*

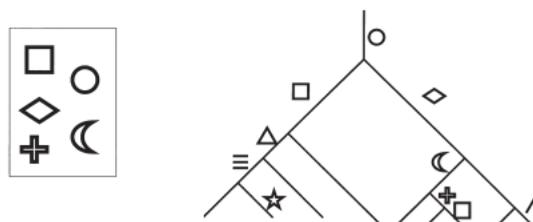
*Compare os mapas construídos pelos outros grupos. Eles são similares? Como eles se diferenciam?*

Os mapas construídos pelos alunos não são exatamente os mesmos, mas a ordem de ramificação sim (figura 2).



**Figura 2.** Dois exemplos de mapas que podem ser construídos pelos alunos.

Depois da construção e discussão dos mapas, os alunos devem reavaliar a divisão dos grupos feita por eles inicialmente. Normalmente, quase todos os grupos preferem a divisão em presença de quadrados ou diamantes, com a justificativa que eles compartilham uma história. Além de desenvolver a lógica do pensamento filogenético em si, conceitos mais específicos como novidade evolutiva (apomorfia), novidade evolutiva compartilhada (sinapomorfia), clados e grupos naturais e não naturais (monofiléticos e não monofiléticos), podem ser apresentados e discutidos. Uma terceira parte pode ainda ser adicionada, com a inclusão de um nono cartão (figura 3), que deve ser incluído no mapa construído por eles. Adicionando-se esse desafio, conceitos como homoplasia, homologia e parcimônia podem ser também introduzidos. Uma vez que os alunos são capazes de incluir o nono “corredor” apenas se eles considerarem que existam duas estações de quadrados, por exemplo. Os quadrados nesse caso seriam uma homoplasia. O conceito de parcimônia é importante, pois, a partir do momento que os alunos podem considerar essa situação, na qual mais de uma estação para mesma figura, vários mapas com ordens de ramificações diferentes podem ser desenhados. A escolha entre as opções possíveis é baseada na simplicidade. No caso de árvores filogenética, a mais simples ou parcimoniosa é aquela que apresenta menos passos evolutivos, na analogia em questão, pela menor quantidade de estações presentes no caminho. Essa atividade é muito flexível pode ser nivelada dependendo do nível aprofundamento desejado.



**Figura 3.** A nona carta distribuída aos alunos e o mapa que deve ser construído por ele. Nota-se a presença de duas estações do quadrado. Filogeneticamente, o aparecimento duas vezes independentemente de uma estrutura é chamado de homoplasia.

### Anexo III – Termo de compromisso ao participar da pesquisa

Concordo em participar, na condição de voluntário (a), do projeto de Iniciação Científica da estudante Marcela D'Ambrosio, graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas, sob orientação do Prof. Dr. André Victor Lucci Freitas e co-orientação do Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos (IFSP *campus* São Roque).

Estou ciente que a pesquisa insere-se num contexto de pesquisa de ensino e que minha participação na mesma será através de questionários e envolvimento, possivelmente, em aulas e atividades pedagógicas.

Compreendo, por fim, que este estudo possui finalidade de pesquisa: os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, com a preservação do anonimato dos participantes e assegurando, assim, minha privacidade. Sei, também, que posso abandonar a minha participação na pesquisa quando quiser e que não receberei nenhum pagamento por esta participação.

Nome completo

Assinatura

Locas e data