

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SÃO PAULO – *CAMPUS* SÃO ROQUE

Guilherme Bastos Gomes

**FILOGENÉTICA: ANÁLISE E PROPOSTA DE
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO
FUNDAMENTAL II**

SÃO ROQUE

2015

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SÃO PAULO – *CAMPUS SÃO ROQUE*

Guilherme Bastos Gomes

**FILOGENÉTICA: ANÁLISE E PROPOSTA DE
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO
FUNDAMENTAL II**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo campus São Roque, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos.

SÃO ROQUE

2015

G633

GOMES, Guilherme Bastos.

Filogenética: análise e proposta de material didático para o ensino fundamental II. / Guilherme Bastos Gomes. – 2015.

59 f.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos.

TCC (Graduação) apresentada ao curso Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Roque, 2015.

1. phylogenetic systematics 2. school textbooks 3. elementary school (stage II). I. GOMES, Guilherme Bastos. II. Título

CDD: 574

RESUMO

A sistemática filogenética é uma metodologia de classificação que agrupa os seres vivos de acordo com sua história evolutiva, grau de parentesco filogenético e ancestralidade. Além disso, trata de mostrar a relação entre os seres vivos por meio das árvores filogenéticas. É possível perceber que a sistemática filogenética é uma ferramenta indispensável para se compreender os temas relacionados a evolução e biodiversidade, temas que são ensinados na disciplina de Ciências no Ensino Fundamental II, porém não estão normalmente relacionados à sistemática filogenética nos livros didáticos, ou não existem materiais que tratam deste tema visando ao Ensino Fundamental II. O presente trabalho analisou o tema sistemática filogenética em duas coleções didáticas de Ensino Fundamental II. Notou-se que os livros analisados não contemplam os conceitos básicos do ensino de sistemática filogenética, embora abordem o tema. Para maior entendimento do ensino de filogenética, este trabalho aponta informações que, posteriormente, podem ser convertidas em propostas para materiais voltados a alunos e professores dessa etapa do ensino.

Palavras-chave: sistemática filogenética; material didático; Ensino Fundamental II.

PHYLOGENETIC: ANALYSIS AND PROPOSAL OF TEACHING MATERIALS FOR ELEMENTARY SCHOOL II

ABSTRACT

The phylogenetic systematics is a classification methodology that groups living beings according to their evolutionary history, degree of phylogenetic relatedness and common ancestry. Also, it demonstrates the relationships amongst living beings through phylogenetic trees. You can also see that the phylogenetic systematics is an indispensable tool for understanding the issues related to evolution and biodiversity, themes that are taught in Sciences for elementary school students in Brazil (stage II), but are not usually related to phylogenetic systematics in textbooks, or there are no materials dealing with such issue aimed at that school level. We noted that the books analyzed do not include the basics of phylogenetic systematics, even though it covers the issue and that, for a better understanding of the phylogenetic teaching, this work shows that information can later be converted into materials aimed at students and teachers.

Key-words: phylogenetic systematics; school textbooks; elementary school (stage II).

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer antes de tudo, à minha família que sempre apoiou o meu trabalho, meus estudos, e que se não fosse por todos provavelmente estaria atualmente perdido. Um enorme agradecimento ao meu pai, desde que eu era criança me incentivava a compreender teorias matemáticas e ficava até muito tarde da noite me auxiliando nos deveres de casa, momentos únicos e que ficaram na memória para sempre. Gostaria de agradecer à minha madrinha Sara, que sempre busca o melhor em todos da família, que sempre auxiliou a mim e aos meus pais, que é uma conselheira, amiga e mãe, e que assim como meus padrinhos, Manuel e Evandro, nunca me negou ajuda com relação ao auxílio que precisei para morar em uma cidade diferente, e para cumprir o começo de minha jornada acadêmica. Agradeço ao meu irmão Gustavo por ler o material e testar todas as questões e exercícios, e também ao meu irmão Leonardo, pelos conselhos e incentivos. Também reconheço a importância de todos os meus tios e primos, obrigado a todos. Porém, gostaria de dedicar meu maior agradecimento familiar à minha ilustríssima Mãe que lutou todos os dias para que eu pudesse me manter numa cidade mais afastada, com tudo que tinha direito para poder estudar todo este tempo e não passar por dificuldades financeiras. Minha mãe batalhou pelos meus estudos e pelo prosseguimento de todo este trabalho, por isso, meu maior agradecimento é para ela.

Agradeço também aos amigos, aos antigos, amigos para a vida toda, que me ajudaram nesta empreitada mesmo em momentos difíceis, são amigos como André, Cody, Alê, Vitor, Marcel, Amanda, Maurício, Chico, Caio e Nando, que guardarei para a vida toda e que sei que sempre estarão comigo para qualquer situação. Assim como também os novos amigos, os quais me proporcionaram bons momentos na cidade de São Roque (e fora dela também), agradeço aos amigos da sala de aula que me aturaram durante estes 4 anos, agradeço também os meus amigos que vou levar para sempre em meu coração e que, de alguma forma, também fizeram toda a diferença nestes anos de academia, obrigado Diego pelos conselhos, diversões, dias de dificuldades, conversas, poesias, tretas e dias de bar! Obrigado Cezar, irmãozão do peito, sempre companheiro para qualquer situação. Um grande e forte abraço, também aos meus amigos que compartilham um caminho desde o Acaia, Thiago e Hellen, também companheiros de casa que me aguentaram, mas que não deixaram de ser meus grandes amigos. Obrigado também a todos meus companheiros de casa que

tivemos conversas milenares sobre tudo o que existe na vida, no universo e tudo mais, Ana e Mozart. À mãe de um futuro afilhado, Isadora, abraços. Agradeço também aos meus amigos de outros cursos, mas que são tão próximos que quase parecem ser da Biologia, valeu Pablo e Adrian (Caique), vocês são amigos do peito, que vou guardar para sempre. Também pelos mais novos amigos, Garcia e Marcela, e aos professores (também muito amigos) que me acompanharam e ajudaram em minha formação, Jackson, Joana e Fabrício.

Aos meus amigos da cúpula, Ramon, Cisco, Flávio, Bia, Live e Mateus, só tenho a agradecer por tudo que me proporcionaram, me auxiliaram e me levantaram nestes anos todos. Obrigado pelas conversas e conselhos, aos RPG's e jogatinas, às discussões e reviews. Fico feliz de todos conseguirem chegar pelo menos, ao nível 7, quem sabe um dia o 20 não chega.

Agradeço aos meus professores, que durante a vida toda me mostraram o que era essa ciência tão linda da Educação. Mais precisamente, obrigado aos meus professores do Acaia e aos professores do IFSP que sempre acreditaram em mim. Gostaria de abrir um espaço para agradecer ao orientador deste trabalho, o professor Fernando Santiago, que me ensinou que um grande professor é sempre um estudante, que o processo de aprendizagem é contínuo, e que não é apenas um ótimo professor, mas também um ótimo ser humano. Obrigado.

Por fim, agradeço muito a minha linda namorada, Nathália, que me deu grande apoio durante todo esse tempo acadêmico, com suas conversas, conselhos e auxílios, pelas horas que passou me apoiando e me ajudando a escrever até mesmo este trabalho, que me ouviu durante horas e horas sobre o trabalho e a faculdade, mas que ainda assim, conseguia me acalmar e fazer continuar. Assim como, também agradeço a sua família, que me agregou no melhor sentido da palavra e me forneceu bons momentos que com certeza influenciaram muito minha vida.

A todos, obrigado por tudo, principalmente por tornarem este curso de Ciências Biológicas o melhor de todos e uma das melhores experiências de minha vida. Um grande abraço a todos que fizeram parte desse processo de minha vida, e que sempre estarão guardados em minha memória por serem incríveis como são!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Capa dos livros analisados: Livro A (à esquerda) Livro B (à direita).	12
Figura 2. Explicação sobre cladística no livro A (p. 55).....	15
Figura 3. Cladograma apresentado no livro A (p. 56).	16
Figura 4. Representação da relação evolutiva apresentada no livro B (p. 92 e 93).	17
Figura 5. Exercício apresentando representação evolutiva no livro A (p. 57).....	18
Figura 6. Figura adaptada de Santos & Klassa (2012), para o uso no material sugerido.	19
Figura 7. Imagem adaptada de D'Ambrosio (2015), para o uso no material sugerido.....	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Critérios de análise nos livros didáticos A e B.....	12
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6. REFERÊNCIAS.....	23
7. APÊNDICE A	25
1. Material complementar de sistemática filogenética para o Ensino Fundamental II.....	25

1. INTRODUÇÃO

A Sistemática Filogenética é uma metodologia de classificação dos organismos que busca refletir a história evolutiva dos grupos e reuni-los com base no grau de parentesco filogenético. Esta metodologia foi proposta por Willy Hennig em 1950, mas só teve ampla divulgação depois de traduzida do alemão para o inglês, em 1965 (OLIVEIRA, 2010).

De acordo com Guimarães (2005), os cladogramas são árvores filogenéticas que mostram as relações de parentesco entre os organismos. Os métodos para sua construção são ditados pela sistemática filogenética (ou cladística).

Indispensável no entendimento da diversidade biológica à luz da evolução, a sistemática filogenética tem sido constantemente apontada como uma ferramenta de ensino dos conceitos evolutivos devido à sua capacidade de unificação das diversas áreas da Biologia, de sintetização e representação da história evolutiva e da conexão histórica entre as espécies (SANTOS; CALOR, 2007; SANTOS; KLASSA, 2012 apud COSWOSK *et al.*, 2014).

Outra vantagem é a de que a sistemática filogenética poderia facilitar os estudos de zoologia e botânica, fornecendo subsídios para a compreensão da diversidade biológica (AMORIM, 1997). A cladística, então, demonstra ser uma ferramenta muito útil ao se discutir os temas unificadores de ciências biológicas (evolução e biodiversidade, por exemplo).

Entretanto, segundo Coswosk *et al.* (2014, p. 5), “Mesmo diante de uma reformulação nas práticas pedagógicas e na forma como o ensino se desenvolveu na unidade escolar, foi possível notar que poucas das atividades desenvolvidas estavam relacionadas com o ensino de evolução ou temas afins”. E continua: “Ainda com relação à prática pedagógica, verificou-se a grande importância atribuída ao livro didático enquanto instrumento de ensino, sendo peça fundamental no roteiro de trabalho dos professores, na elaboração dos planejamentos e na organização de atividades aplicadas em sala de aula”. Assim, é possível compreender como o livro didático é importante para o professor.

No presente trabalho, pesquisas foram realizadas para compreender como os livros didáticos tratam o tema sistemática filogenética (COSWOSK *et al.*, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2011). Nota-se que os livros atuais trazem, aos poucos, o conteúdo

de evolução utilizando a sistemática filogenética como ferramenta ao apresentá-lo; porém, ainda assim, existem lacunas a serem preenchidas em livros do Ensino Fundamental II, pois o conteúdo de filogenia não se demonstra presente em diversos capítulos desses livros.

A importância do ensino de evolução e do uso da sistemática filogenética como ferramenta adequada às práticas docentes, à relevância dada aos livros didáticos e às lacunas presentes nesses, o presente trabalho, tem como objetivos principais: a) analisar o conteúdo de evolução e sistemática filogenética presente nos livros didáticos do Ensino Fundamental II; b) propor um material didático para ser utilizado por professores de Ciências em aulas para o Ensino Fundamental II, que unifique o conteúdo biológico presente nos livros de Ciências do Ensino Fundamental II ao utilizar as bases da sistemática filogenética como um meio de compreender a evolução e a diversidade biológica, tendo como parâmetros Amorim (2005) e uma ficha de avaliação de livros didáticos adaptada por Rodrigues *et al.* (2011), os quais fizeram uma análise dos trabalhos de Lima (1984) e Silva *et al.* (2006) e da avaliação utilizada no Programa Nacional do Livro Didático no Ensino Médio (BRASIL, 2009).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados dois livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental II: Barros e Paulino (2013), referenciado como “Livro A”, e Aguilar et al. (2015), referenciado como “Livro B”. Este procedimento foi necessário para que, posteriormente, seja construído um material com o intuito de apresentar as bases da filogenia, tanto para alunos, quanto para professores dessa categoria de ensino, de forma que os critérios utilizados para a análise, também sejam utilizados para a produção do material.



Figura 1. Capa dos livros analisados: Livro A (à esquerda) Livro B (à direita).

Neste sentido, foram investigados os seguintes critérios: (i) conteúdo teórico; (ii) abordagem do conteúdo; (iii) propostas de atividades; (iv) uso de imagens; e (v) importância da abordagem da história da Ciência (Quadro 1).

Quadro 1. Critérios de análise nos livros didáticos A e B.

I – Conteúdo teórico	II – Abordagem do conteúdo	III – Propostas de atividades	IV – Uso de imagens	V- Abordagem da história da Ciência
----------------------	----------------------------	-------------------------------	---------------------	-------------------------------------

Para a análise do conteúdo teórico, foi utilizado o livro de Amorim (2005). Em um primeiro momento, os critérios utilizados foram: a forma como o autor trabalha o conceito de filogenética para alunos do Ensino Fundamental II; posteriormente, foram observadas as informações e definições apresentadas ao longo do texto. Segundo Rodrigues et al. (2011), a contextualização e/ou problematização no texto do livro didático são fatores que contribuem para a construção do conhecimento do estudante (assim, este parâmetro também foi considerado).

Foi também observada a abordagem do conteúdo nos livros, ou seja, a forma como os autores trabalharam o conteúdo com os alunos, se sublinharam conceitos-chaves, utilizaram cores ou formas diferentes de se lidar com a visualização do conteúdo proposto.

Em relação às atividades propostas, buscou-se verificar se os livros possuíam formas de aprofundar o conteúdo com atividades complementares, pesquisas, vídeos e um material didático prático que auxilia no aprendizado do conteúdo.

Em relação ao uso de imagens, foi analisada a forma como as figuras estavam dispostas e se estas poderiam complementar o conteúdo teórico apresentado.

Além desses parâmetros, também foi analisado o modo como o livro didático contextualiza a história do conhecimento científico envolvendo a sistemática filogenética, seguindo as orientações de Coswosk et al. (2014) e Rodrigues et al. (2011), visando a compreender se a origem da teoria de classificação filogenética e outras teorias que foram apresentadas.

Após a análise dos livros didáticos, um material foi construído com o intuito de contemplar os parâmetros analisados, ou seja, o trabalho deve possuir todos os critérios de avaliação utilizados para a análise dos livros, e também foi confeccionado com base nas obras de Guimarães (2004, 2005, 2007), Amorim (2005) e Goldsmith (2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ambos os livros possuem um capítulo introdutório à classificação dos seres vivos em que a sistemática filogenética é apresentada brevemente, de modo a apresentar o conteúdo, no entanto sem explicar conceitos-chaves para o aprendizado de filogenética, ou ao apresentar representações que não são cladogramas. Nesse mesmo capítulo, as árvores filogenéticas aparecem em duas páginas, estando ausentes nos demais capítulos. Assim, pode-se perceber que a sistemática filogenética não é utilizada como eixo integrador do conteúdo biológico em relação à evolução, classificação e compreensão da biodiversidade.

O livro A apresenta a sistemática filogenética em um boxe denominado “Para ir mais longe”, no qual o conteúdo trabalhado se resume a uma breve explicação sobre as relações de parentesco evolutivo e as semelhanças entre os ramos da árvore. Desta forma, são trabalhados os conceitos: ancestral comum, espécies extintas, espécies mais aparentadas entre si e tempo evolutivo.

Segundo Amorim (1997), a sistemática filogenética pode ser relacionada a diversos capítulos dos livros didáticos, como zoologia, botânica e evolução. É possível perceber que nenhum dos livros trata de sistemática dessa forma, assim como em outros capítulos também não aparecem árvores filogenéticas. E, assim, ambos os livros retratam a filogenética relacionada ao parentesco evolutivo; no entanto, o livro B traz, ainda no capítulo “Classificação dos seres vivos”, um item intitulado “A classificação e a evolução”. Nesta seção, a sistemática filogenética é demonstrada de forma bem simples, trabalhando apenas os conceitos de história e parentesco evolutivo. No entanto, nenhum dos livros trabalha o conceito de filogenética nos capítulos relacionados à zoologia, botânica e microbiologia.

Os dois livros trazem a ideia de que a representação filogenética demonstrada pode ser mudada, como em um trecho do livro A (Figura 2).



Figura 2. Explicação sobre cladística no livro A (p. 55).

E, no livro B: “A classificação e as relações entre os grupos sofrem alterações conforme muda a compreensão dos cientistas sobre a história evolutiva dos seres vivos. O esquema aqui representado, portanto, é uma hipótese, e pode ser modificado no futuro” (p. 93). É importante destacar que os livros citam a forma como o conteúdo pode ser modificado; entretanto, não explicam de que forma esse conteúdo é alterado.

O livro A utiliza um cladograma para abordar o conteúdo filogenético. Nesse cladograma, é possível perceber distinção de cores e figuras de animais que chamam a atenção ao conteúdo, além de demonstrar o conceito de tempo evolutivo por meio de uma indicação na representação da árvore. Neste sentido, o livro ainda procura analisar o cladograma por meio de tópicos que não possuem distinção de cores ou ênfase em conceitos (Figura 3).

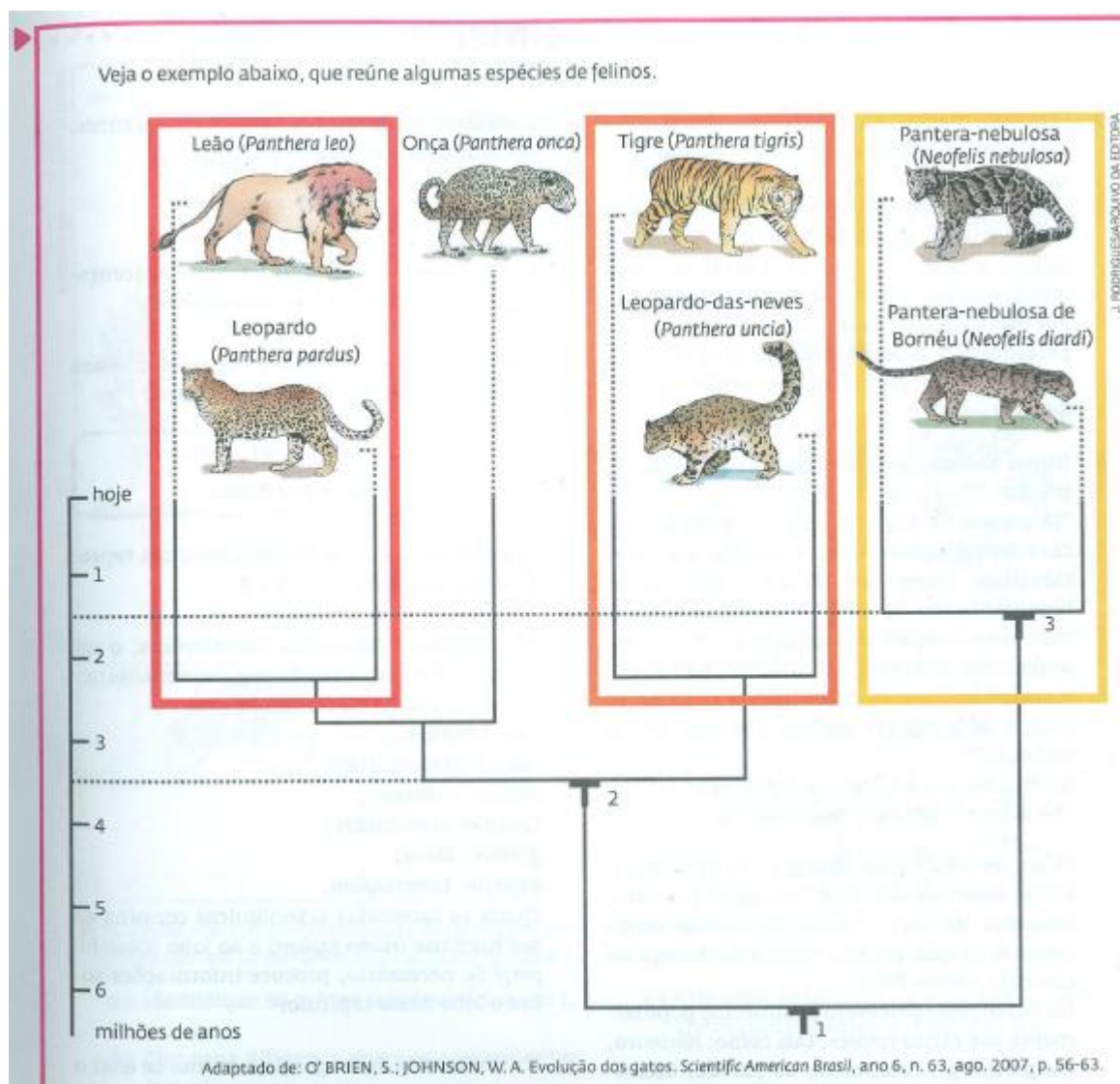


Figura 3. Cladograma apresentado no livro A (p. 56).

Em relação à abordagem do conteúdo no livro B, uma representação colorida (Figura 4) também é utilizada para demonstrar a semelhança entre os seres, porém é construída demonstrando indivíduos bem diferentes dos cinco Reinos (Monera, Protocista, Fungi, Plantae e Animalia), apresentados pela sistemática clássica, e que não parecem possuir relação morfológica entre eles, como um anelídeo e um vertebrado. Assim, é possível perceber que essa análise deixa clara a necessidade de se apresentar em um material didático o que são as novidades evolutivas, e o modo como a representação filogenética é construída e organizada.

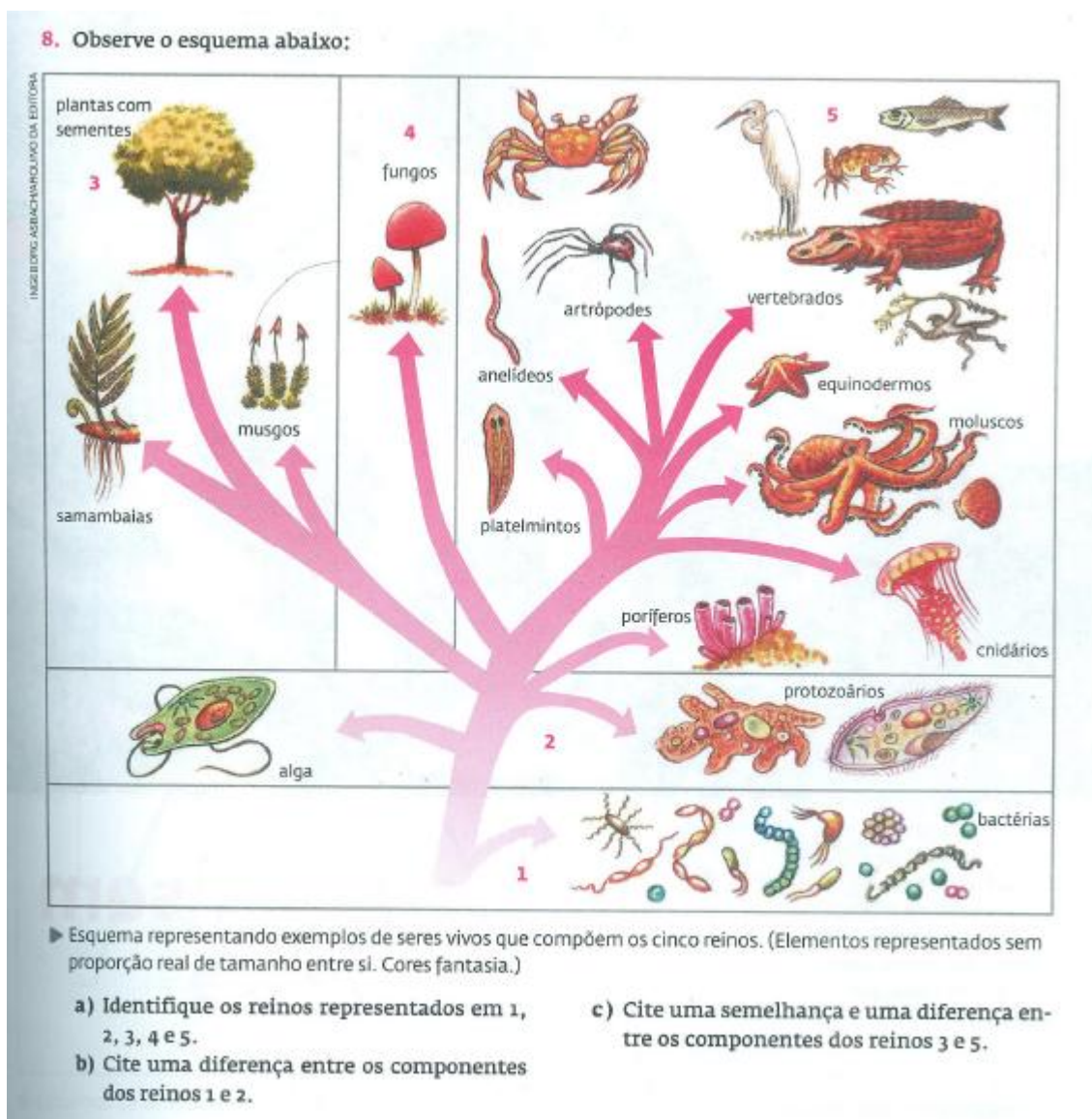


Figura 5. Exercício apresentando representação evolutiva no livro A (p. 57).

Os livros analisados dão um enfoque muito maior à sistemática clássica, explicando em subtemas, imagens e textos explicativos com relação a cada nível hierárquico proposto por Lineu, não sendo utilizada a mesma ênfase em imagens e textos para explicação da sistemática moderna, ou filogenética. Os dois livros analisados utilizam apenas uma imagem em cada, embora ambas as imagens sejam pouco autoexplicativas e apresentem a necessidade de textos para interpretá-las. O livro A apresenta esse texto em formato de tópicos, enquanto o livro B não apresenta essa explanação.

O enfoque na sistemática clássica, tratada por ambos os livros, faz com que a abordagem do conteúdo histórico contida nestes livros envolva apenas a história de como foram criados os cinco reinos na proposta de Whittaker (MORAES; SANTOS,

2013) e sistema de nomenclatura binomial, não construindo e mostrando a história de como o sistema de classificação moderno foi proposto por Hennig.

Além disso, notou-se a necessidade do ensino da sistemática filogenética como diferente metodologia para o estudo da biodiversidade e da evolução dos seres vivos que, de acordo com Santos et al. (2012), é o método mais eficaz para se demonstrar os agrupamentos dos seres vivos, ao mesmo tempo que se propõe a trazer, também, a evolução e o tempo geológico relacionado à ancestralidade dos organismos.

Por este motivo, um material (Apêndice A) foi produzido com o intuito de explicar a sistemática filogenética para alunos do Ensino Fundamental II, mais precisamente, no sétimo ano, que tenham uma noção dos conceitos básicos de evolução; e que caso não tenham, o professor poderá aplicar o material concomitantemente as explicações evolutivas, de maneira que este material possa ser utilizado como complementar aos livros didáticos que oferecem um capítulo sobre classificação biológica. Professores também podem utilizar este material, caso queiram introduzir o tema sistemática filogenética para seus alunos, tratando de aspectos evolutivos e seus conceitos básicos.

Importante citar também, que duas imagens foram adaptadas para o uso nos exercícios. A primeira (Figura 6) do trabalho de Santos; Klessa (2012):

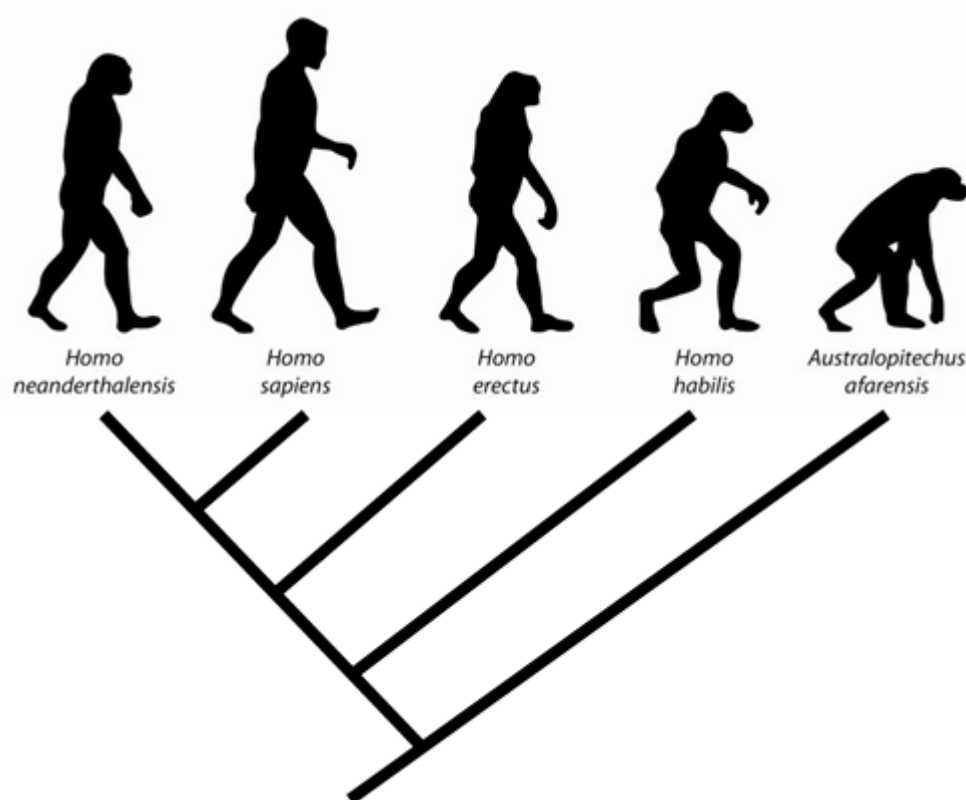


Figura 6. Figura adaptada de Santos & Klessa (2012), para o uso no material sugerido.

E a segunda (Figura 7), do questionário de D'Ambrosio (2015):

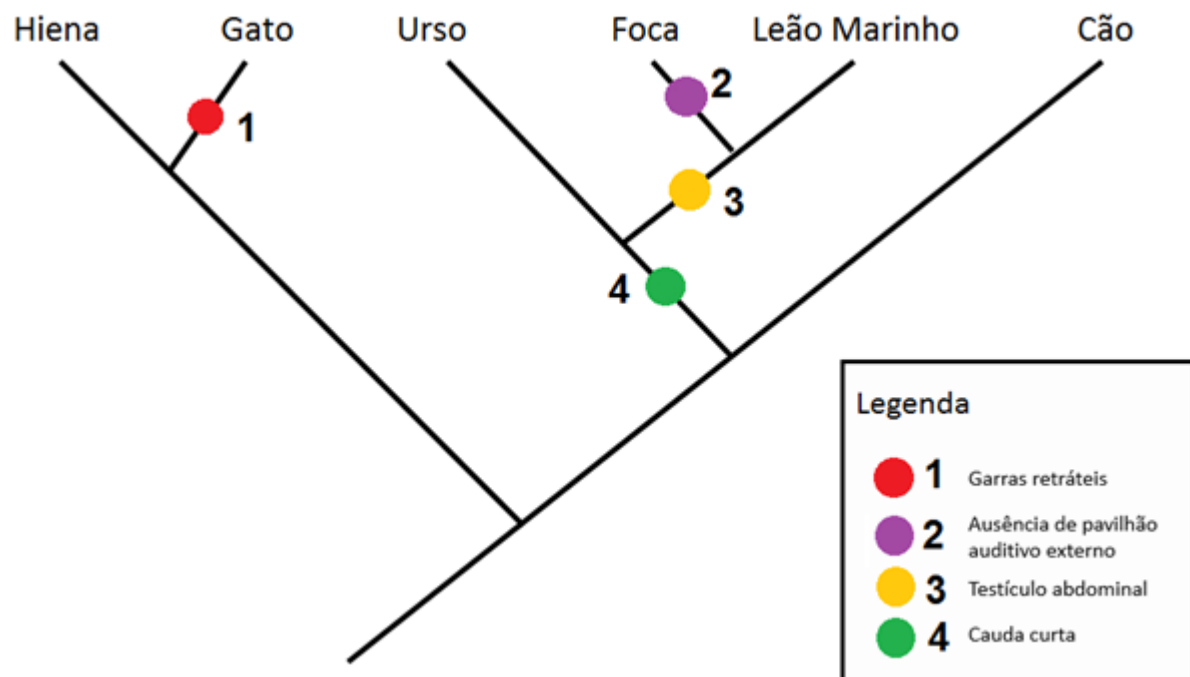


Figura 7. Imagem adaptada de D'Ambrosio (2015), para o uso no material sugerido.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, os conteúdos de evolução apresentados no Ensino Fundamental II correlacionam-se com o avanço contínuo das Ciências Biológicas, assim como a criação de metodologias diversas que trabalham com evolução dos seres vivos. Dentre essas metodologias, podemos encontrar a sistemática filogenética, criada por Hennig nos anos 50 do século XX.

Dentre os conteúdos necessários para se compreender a preservação e cuidado com a vida no planeta, está o entendimento da biodiversidade; de acordo com Amorim (1997), a sistemática filogenética é uma metodologia ideal para tratar do entendimento da biodiversidade do planeta, e do modo como os seres vivos se relacionam em graus de parentesco evolutivo.

Nota-se então, a importância dessa sistemática, para um dos temas unificadores das teorias e hipóteses biológicas, a evolução. Creio que essa importância deveria ser refletida no ensino da cladística para o ensino básico, para que apareçam mais explicações em materiais didáticos e complementares.

No entanto, notou-se que os conteúdos de evolução e filogenética apareciam esparsamente no currículo dos livros didáticos do Ensino Fundamental II (COSWOSK, 2014; MORAES; SANTOS, 2015). Ainda, duas coleções foram analisadas objetivando compreender o modo que a sistemática filogenética era apresentada nesses livros didáticos. Apenas duas coleções foram escolhidas para que fosse analisada a forma como os livros trabalham com a filogenética e complementassem a análise feita por Coswosk, 2014, com 13 coleções aprovadas no PNLD, 2014, que também subsidiou este trabalho.

É possível que a sistemática filogenética ainda tenha pouca popularidade entre os cientistas, pois surgiu “recentemente”, considerando a história da ciência e a metodologia utilizada atualmente (sistemática clássica de Lineu). No entanto, a filogenética é extremamente útil quando se trata da organização e análise da biodiversidade, assim como quando se utiliza conceitos de evolução, parentesco evolutivo e relações evolutivas para se estudar a biodiversidade.

Durante o período do ensino fundamental II, é recorrente o ensinamento sobre a biodiversidade e forma como é organizada e sistematizada pelos seres humanos, de modo geral, como são os seres vivos. É possível perceber que a sistemática filogenética

trabalha com uma classificação menos artificial, ou seja, baseada somente em caracteres morfológicos, e se baseia em teorias evolutivas, assim como na genética, para definir graus de parentesco e relações entre os seres vivos. No entanto, ainda assim poucos livros utilizam os conceitos básicos de filogenia para apresentá-la aos alunos do fundamental II, e ainda, estes alunos podem chegar ao ensino médio sem compreender ao certo como existem diferentes formas de organização, e quando topam com a sistemática filogenética com muitos conceitos, podem acabar tendo grandes dificuldades e até mesmo deixar de compreender esta metodologia de classificação dos seres vivos.

Assim, concluiu-se que seria necessária a criação de um material didático complementar visando ao ensino de sistemática filogenética para alunos do Ensino Fundamental II, que se encontra no Apêndice A.

O presente material pode ser utilizado por professores que também possuam dificuldade com a sistemática filogenética, assim como também para curiosos que querem entender as bases dessa ferramenta para depois melhor utilizá-la. É possível compreender que o material explica de maneira bem sucinta a sistemática, assim como também propõe exercícios e aplicações da sistemática filogenética.

Após a apresentação e aprovação, o material será disponibilizado na internet, para que alunos e professores possam utilizá-lo, também estará disponível na biblioteca do Instituto Federal de São Paulo – *Campus São Roque*, e poderá ser utilizado como meio de ensinar filogenética para alunos de qualquer nível de ensino.

6. REFERÊNCIAS

AGUILAR, J. **Ciências: para viver juntos**. 3 ed. São Paulo: SM, 2014.

AMORIM, D. S. **Elementos Básicos de Sistemática Filogenética**. Ribeirão Preto: Holos Editora/Sociedade Brasileira de Entomologia, 1997.

_____. **Fundamentos de sistemática filogenética**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

BARROS, C.; PAULINO, W. **Ciências: os seres vivos**. 5.ed. São Paulo: Ática, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Biologia: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio, PNLEM/2009**. Brasília: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2009.

COSWOSK, J. A.; BARATA, D.; TEIXEIRA, M. da. C.; Análise dos temas evolução e filogenia nos livros didáticos do Ensino Fundamental aprovados pelo PNLD 2014. **Anais e Resumos**. IV Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente. Niterói/RJ: 2014.

D'AMBROSIO, M. 2015. **O pensamento filogenético no ensino de biologia**. Projeto de iniciação científica (orientação do prof. Dr. André Victor Lucci Freitas e coorientação do Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos - Processo FAPESP 2014/22947-2).

GOLDSMITH, D. W. The Great Clade Race. **The American Biology Teacher**, v. 65, n. 9, p. 679-682, 2003.

GUIMARÃES, M. A. **Cladogramas e Evolução no Ensino de Biologia**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Bauru, SP: Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2005.

_____. **Uma proposta de ensino de zoologia baseada na sistemática filogenética**, 2004. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/4626526/Uma-proposta-de-ensino-de-zoologia-baseada-na-Sistemática-Filogenética#scribd>>; acesso em: 22 jun. 2015.

_____; De CARVALHO, W. L. P. **Usando Cladogramas no ensino de evolução: o papel das representações sociais dos estudantes**, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufjf.br/abrapec/vienpec/CR2/p172.pdf>>; acesso em: 22 jun. 2015.

LIMA, M. R. Construção e validação de instrumento de avaliação do livro didático de estudos sociais. **Tecnologia Educacional**, n. 60, p. 57-68, 1984.

MORAES, R.; SANTOS, F. S. dos. Análise de conteúdos de sistemática filogenética em livros didáticos de Ensino Fundamental II e Ensino Médio. **Scientia Vitae**, vol. 1, n. 2, ano 1, out-dez. 2013, p. 20-27. Disponível em: <www.revistaifpsr.com/>; acesso em: 21 jun. 2015.

OLIVEIRA, J. C. de; **Fundamentos de sistemática filogenética para professores de ciências e biologia**, 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/virtu/files/2010/04/artigo-2a10.pdf>; acesso em: 04 nov. 2015.

RODRIGUES, M. E; JUSTINA, L. A. D; MEGLHIORATTI, F. A. O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v.13, n.02, p.65-84, mai-ago 2011.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 1-8, 2007.

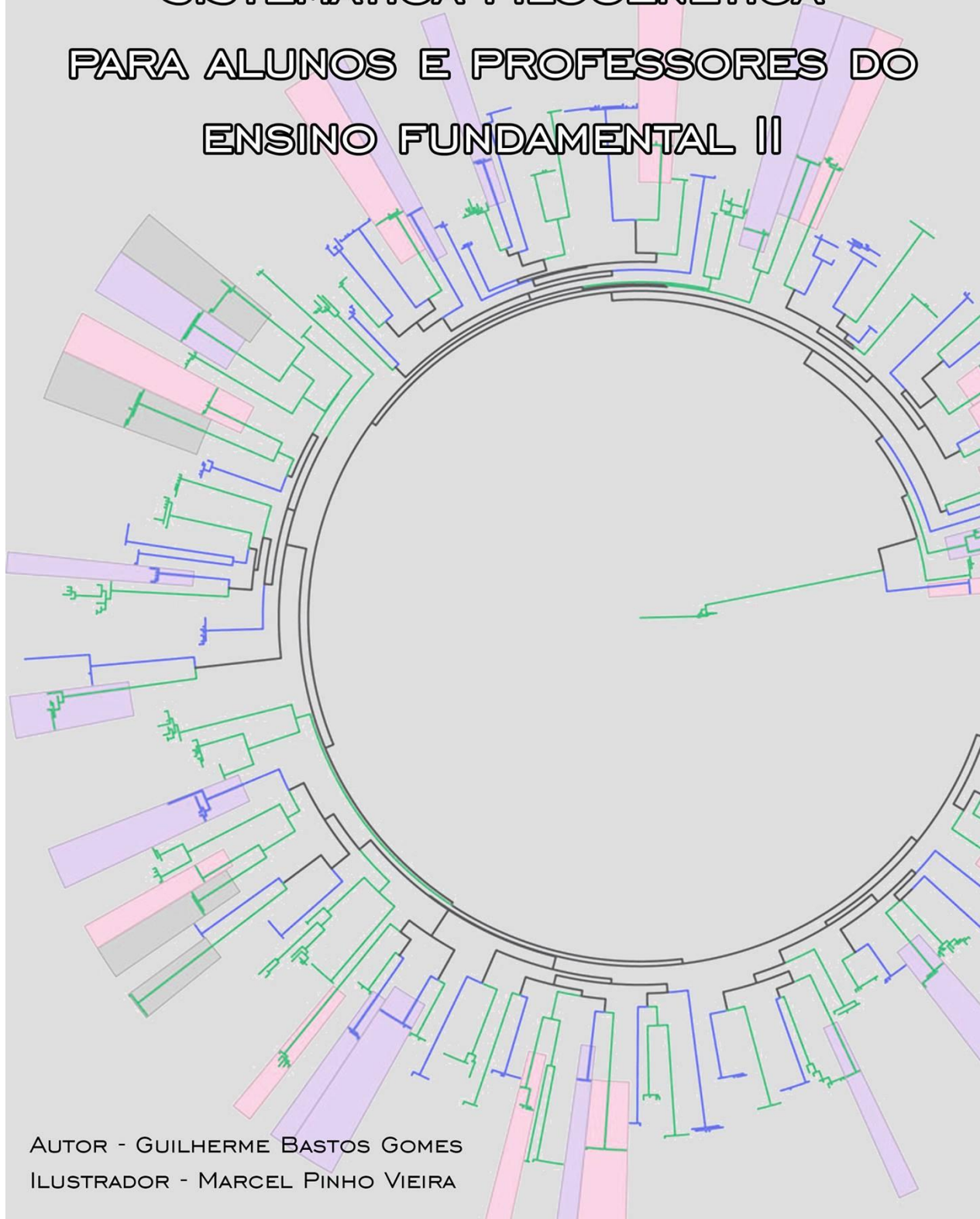
_____; KLASSA, B. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. **Educação: Teoria e Prática**, v. 22, p. 62-81, 2012.

SILVA, E. R. L.; ALVES, L. F. A.; GIANNOTTI, S. M. Análise do conteúdo de artrópodes em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e o perfil do professor: estudo de caso 1. **Revista Varia Scientia**, v. 6, n. 11, p. 83-98, 2006.

7. APÊNDICE A

1. Material complementar de sistemática filogenética para o Ensino Fundamental II

MATERIAL COMPLEMENTAR DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA PARA ALUNOS E PROFESSORES DO ENSINO FUNDAMENTAL II



AUTOR - GUILHERME BASTOS GOMES
ILUSTRADOR - MARCEL PINHO VIEIRA

SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA – GUILHERME BASTOS

Assim como Aristóteles e Lineu, Willi Hennig também criou uma metodologia de classificação dos organismos e a chamou de **sistemática filogenética**, esta metodologia procura relacionar os seres vivos de acordo com o **grau de parentesco** ao longo de sua **história evolutiva**.

Cada população de organismos possui uma história evolutiva que pode ser representada com uma linha, como a imagem abaixo:

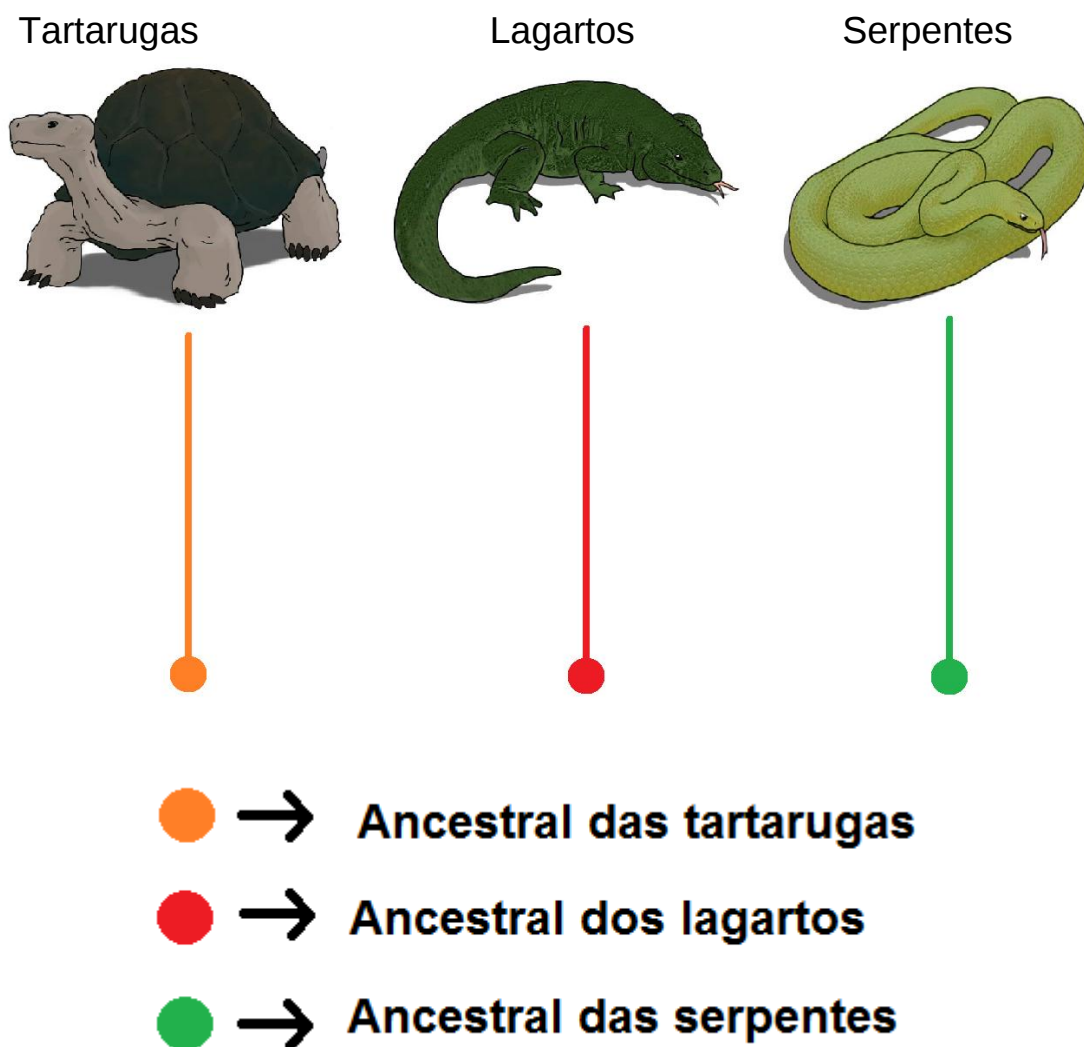


Figura 1. Seres vivos e representação em linha da história evolutiva

É possível perceber que cada um desses seres vivos possui **características próprias**, mas também possuem **características compartilhadas**, assim como: ovo com casca dura (amniótico). Essas

características nos levam a compreender o grau de similaridade entre eles, ou ainda, o grau de parentesco. Desta forma é possível compreender que quanto mais características compartilhadas os seres vivos possuírem, mais próxima será sua relação de parentesco.

Assim, se os seres vivos possuem um grau de parentesco entre si, em algum momento ambos possuíram um **ancestral comum** que apresenta as características compartilhadas.

É possível então traçar uma relação entre a história evolutiva dos três seres vivos apresentados:

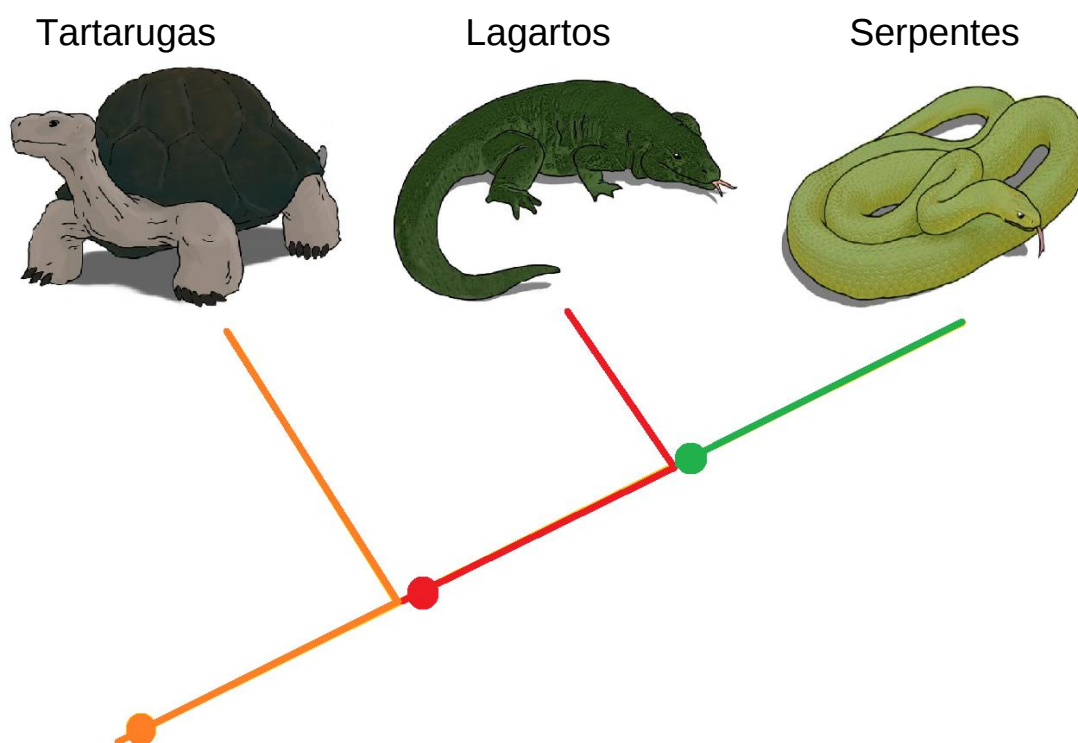


Figura 2. União da história evolutiva de cada ser vivo.

Porém, diferente de antes podemos agora inferir que o ancestral das tartarugas foi também o ancestral dos lagartos e das serpentes e assim por diante:

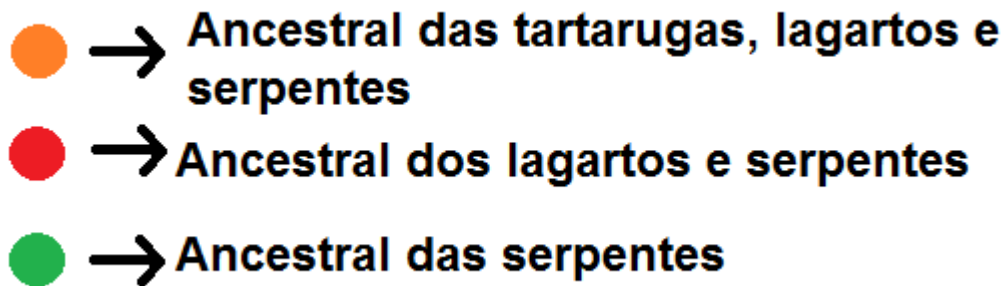


Figura 3. Demonstração de ancestralidade compartilhada.

É necessário compreender, também, que todos os seres vivos **mudam** ao longo de seu tempo evolutivo. Essas mudanças ocorrem na molécula de DNA de forma aleatória, e elas podem ou não, se manter naquela espécie, ou até mesmo gerar novas espécies caso muitas mudanças ocorram.

Caso essas mudanças se mantenham em seus ancestrais e todos os seus descendentes também a possuam, é possível demonstrá-la no esquema que fizemos antes, de modo a compreender que o ancestral comum de um grupo possui esta característica diferente, ou esta **novidade**:

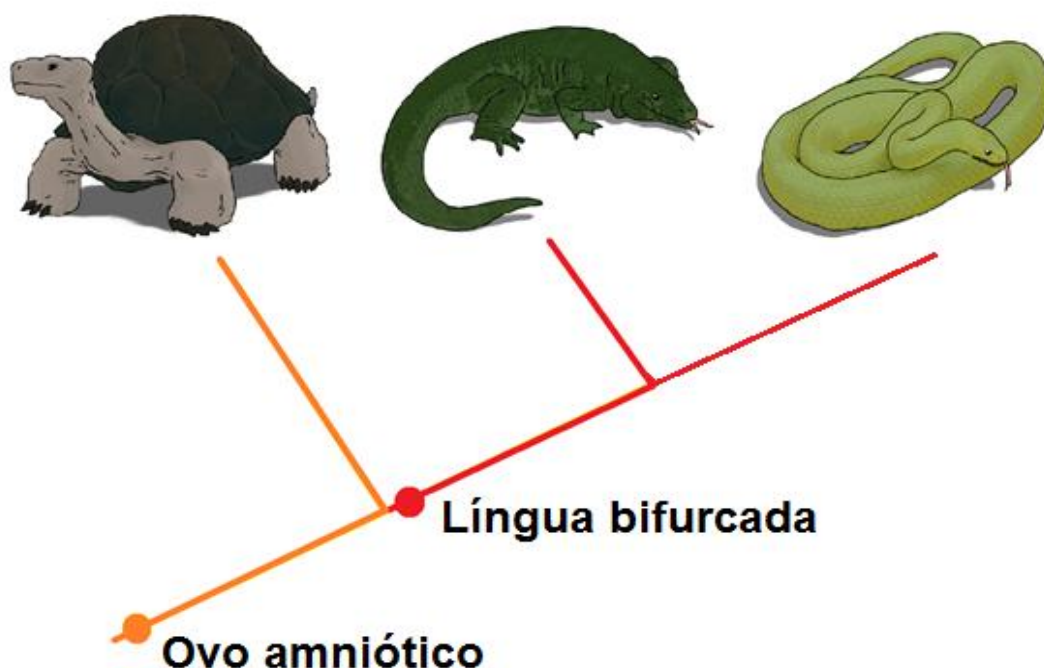


Figura 4. Grupos com suas novidades evolutivas.

Por exemplo, o **ancestral comum** das tartarugas, répteis e serpentes possui como **novidade** um ovo de casa dura, também chamado de ovo amniótico, presente em todos os grupos que se seguem. Enquanto o **ancestral comum** dos lagartos e das serpentes possui língua bifurcada (dividida em dois na ponta) que as tartarugas não possuem.

Ou seja:

Tartarugas, Lagartos e Serpentes possuem ovo amniótico.

Lagartos e Serpentes possuem ovo amniótico e língua bifurcada.

Note que foi construída uma estrutura com ramos, onde a base demonstra os ancestrais no momento em que surge uma nova característica na história evolutiva do ser vivo, esta característica pode ser chamada então de **novidade evolutiva**.

Desta maneira a sistemática filogenética **organiza** a diversidade da vida no planeta e, ao levar em consideração a **história evolutiva**, **ancestral comum**, **características derivadas** ou **compartilhadas**, **grau de parentesco** entre os seres vivos e as **novidades evolutivas**, é possível construir uma **representação** de forma a agrupar os seres vivos de acordo com sua evolução.

Essa representação apresenta uma base de onde partem ramos que se dividem de modo que se forme um desenho parecido com uma árvore, por isso são chamadas de **árvores filogenéticas** estas árvores aparecem frequentemente das seguintes maneiras:

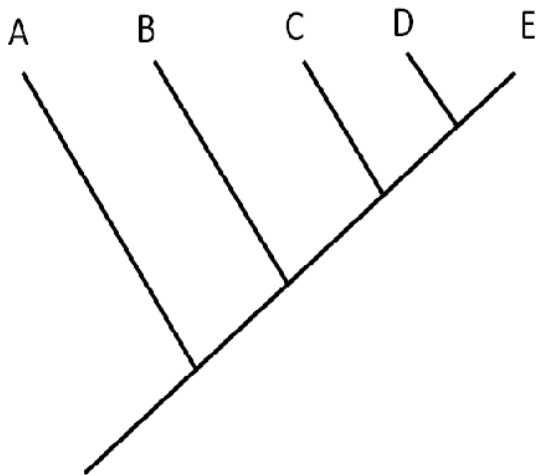


Figura 5. Árvore filogenética 1
Tipo: "Espinha de peixe"

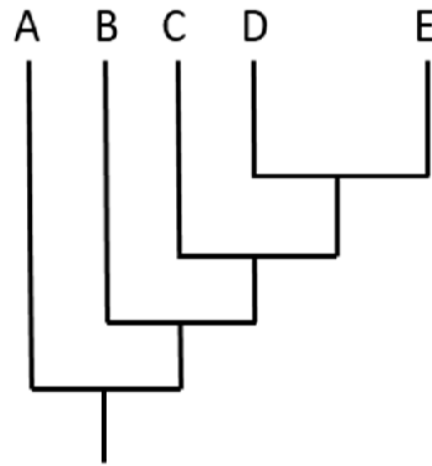


Figura 6. Árvore filogenética 2
Tipo: "Ramos paralelos"

No entanto, as árvores filogenéticas ou **filogenias**, podem aparecer de outras formas diferentes. Ainda assim todas elas apresentam a mesma maneira de construção com base no **tempo evolutivo**.

As filogenias demonstram que não existem organismos mais evoluídos que outros, com elas é possível perceber que todos partilharam um mesmo ancestral comum, mesmo que as configurações das árvores filogenéticas sejam diferentes, perceba que ambas contam a mesma história evolutiva:

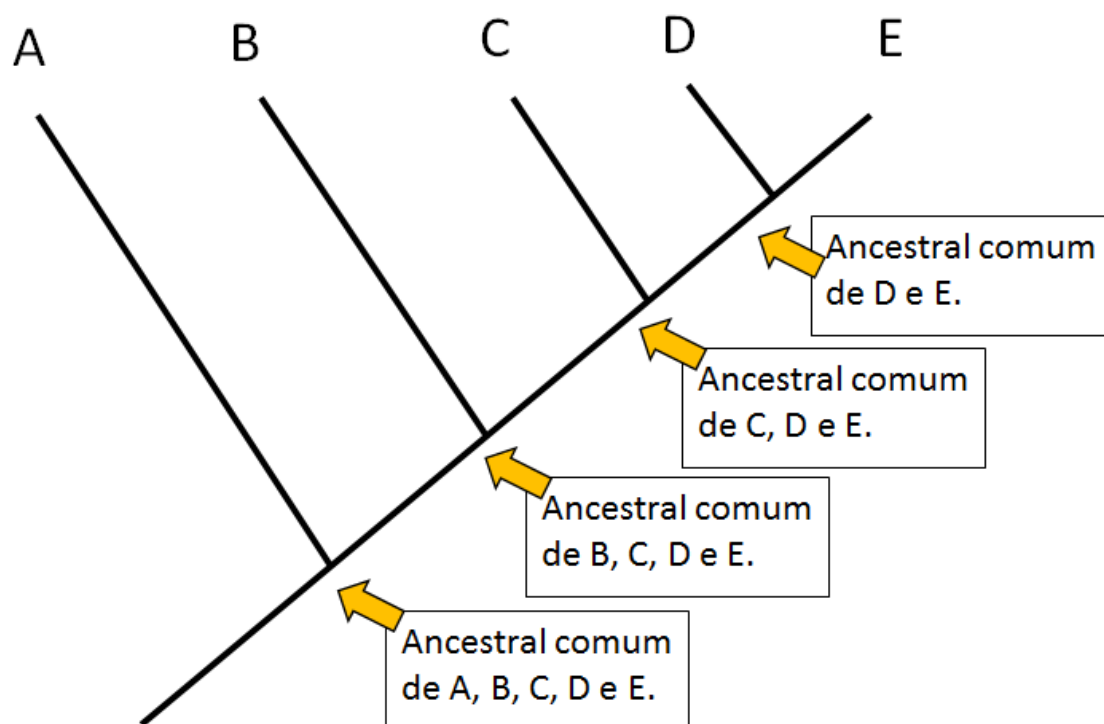


Figura 7. Filogenia 1, espinha de peixe, com demonstração de ancestralidade.

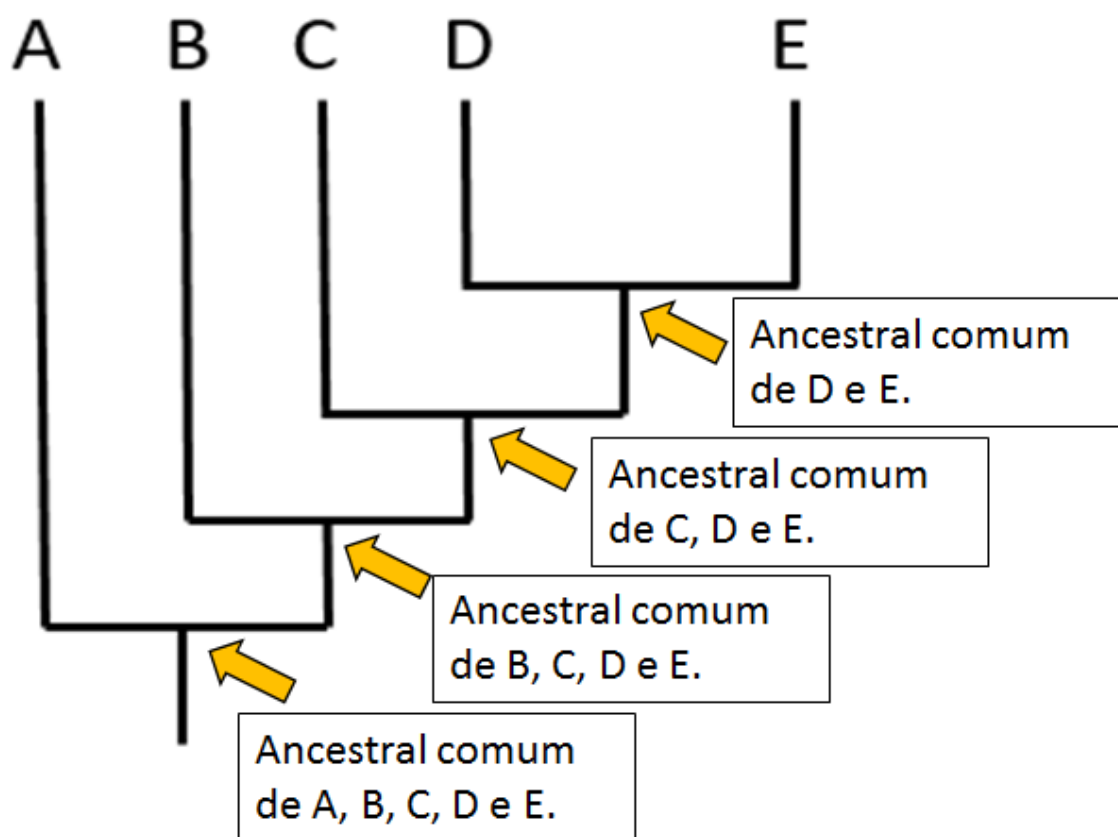


Figura 8. Filogenia 2, ramos paralelos, com demonstração de ancestralidade.

Com estas filogenias é possível concluir que “D” e “E” são muito aparentados entre si, pois possuem um ancestral comum muito próximo, ao mesmo tempo que “C” é muito mais aparentado com “D” e “E”, pois também possuem um ancestral comum próximo. Mas ao mesmo tempo, todos possuem certa relação, pois o ancestral de “A” também é de todos os outros.

Mas ainda assim, você deve estar se perguntando sobre o tempo evolutivo que tratamos no começo.

Como as filogenias não demonstram “degraus de evolução”, ou seja, os seres vivos demonstrados nestas são considerados contemporâneos, que vivem no mesmo período do tempo.

A parte inferior das filogenias (base) representa o passado, enquanto a parte superior (ramos) representa o presente e todos os organismos que estão sendo estudados, desta maneira a linha do tempo evolutivo é demonstrada como uma seta vermelha:

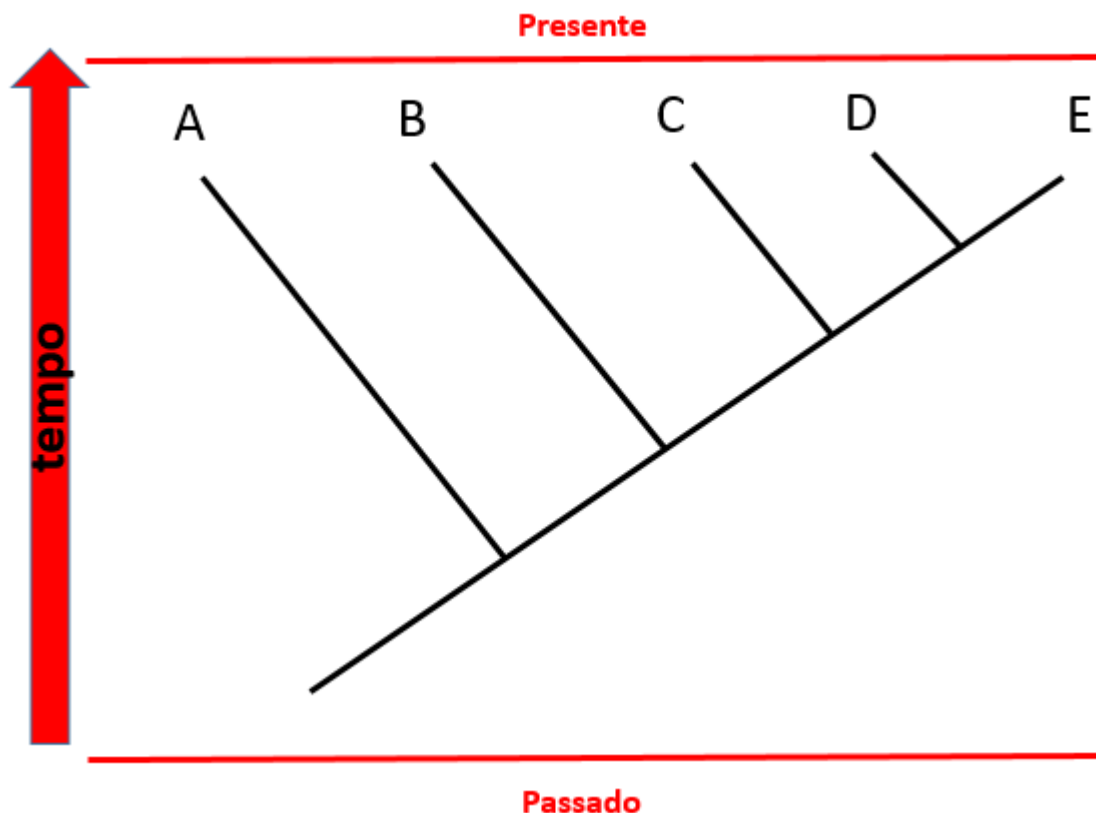


Figura 9. Filogenia que demonstra o tempo.

Ou seja, todos os organismos dessa árvore filogenética estão vivos no presente. Mesmo que tenham compartilhado um ancestral comum no passado, todos continuaram evoluindo e mudando.

Ainda assim, é possível que apareçam filogenias com organismos que foram extintos, nesse caso, as filogenias aparecem com uma cruz ao lado do agrupamento de organismos:

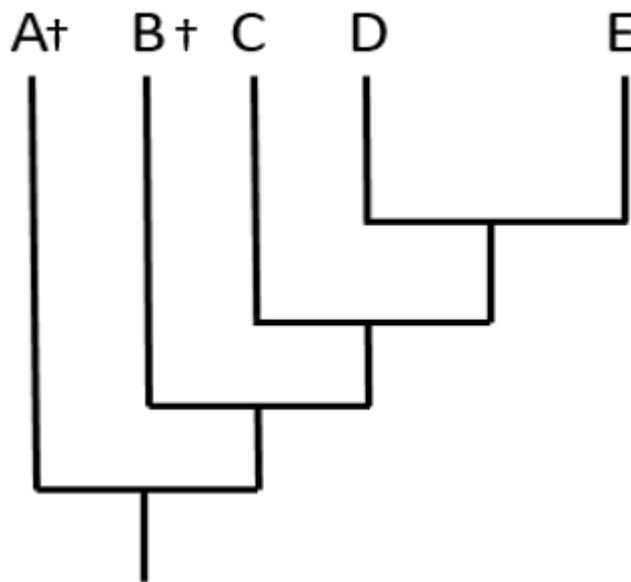


Figura 10. Filogenia com organismos extintos.

Nesse caso, “A” e “B”, são organismos extintos. Enquanto “C”, “D” e “E”, se mantem como agrupamentos vivos.

Então, a sistemática filogenética é uma metodologia que agrupa os seres vivos levando em consideração a história evolutiva de cada ser vivo.

Esses agrupamentos são chamados de **clados**, e por isso, a sistemática filogenética também pode ser chamada de **cladística**. É possível compreender **clado** como sendo um **agrupamento que possui um ancestral comum e todos seus descendentes**.

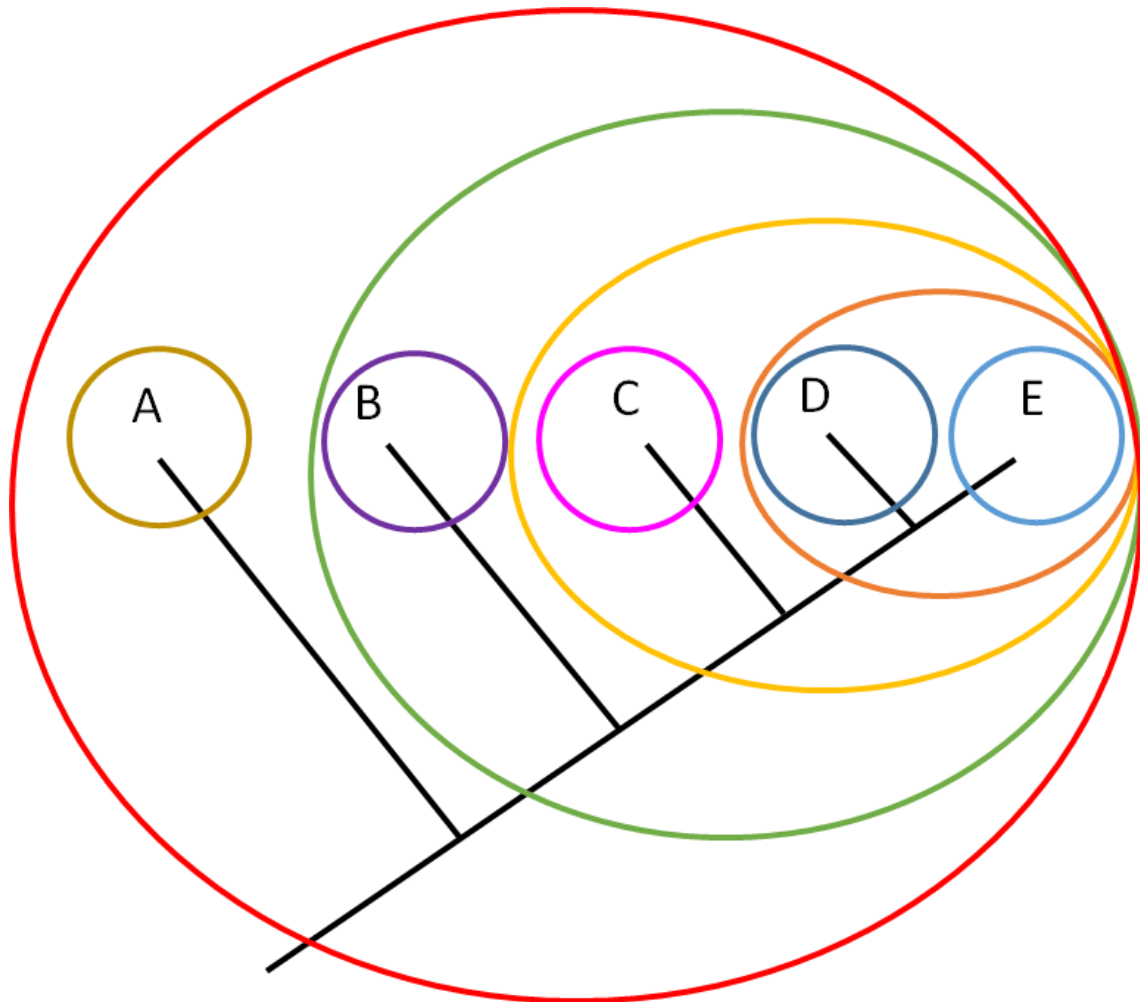


Figura 12. Demonstração de clados.

Nesta árvore filogenética foram circulados em cores diferentes, todos os possíveis **clados**:

- A, B, C, D e E são um **clado**.
- B, C, D e E são um **clado**.
- C, D e E são um **clado**.
- D e E são um **clado**.
- E é um **clado**.
- D é um **clado**.
- C é um **clado**.
- B é um **clado**.
- A é um **clado**.

Caso você tente formar um agrupamento diferente, não poderá chamá-lo de clado, pois não será um agrupamento com um ancestral comum e todos os seus descendentes.

Para entender melhor, vamos trabalhar com organismos verdadeiros abaixo.

Como os agrupamentos da **cladística** são chamados de **clados**, as árvores filogenéticas podem também ser chamadas de **cladogramas**.

Observe então o **cladograma** a seguir:

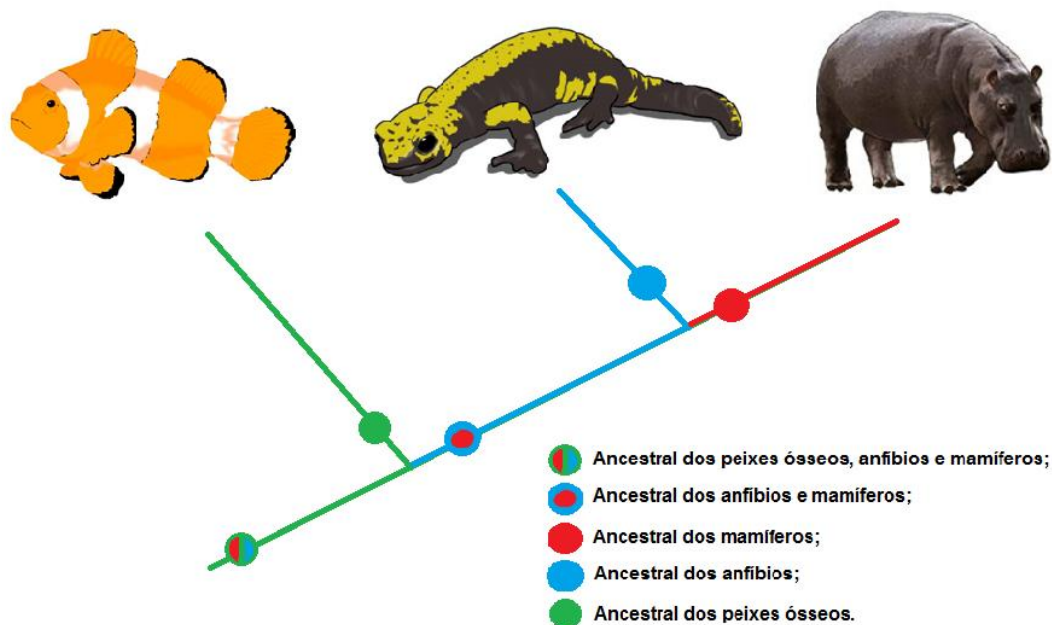


Figura 13. Cladograma com demonstração de ancestral comum.

Neste cladograma, o peixe-palhaço representa o **clado**: **Peixes ósseos**; enquanto a salamandra representa o **clado**: **Anfíbios**; e o hipopótamo representa o **clado**: **Mamíferos**.

Temos então, além dos três clados citados, mais dois clados:

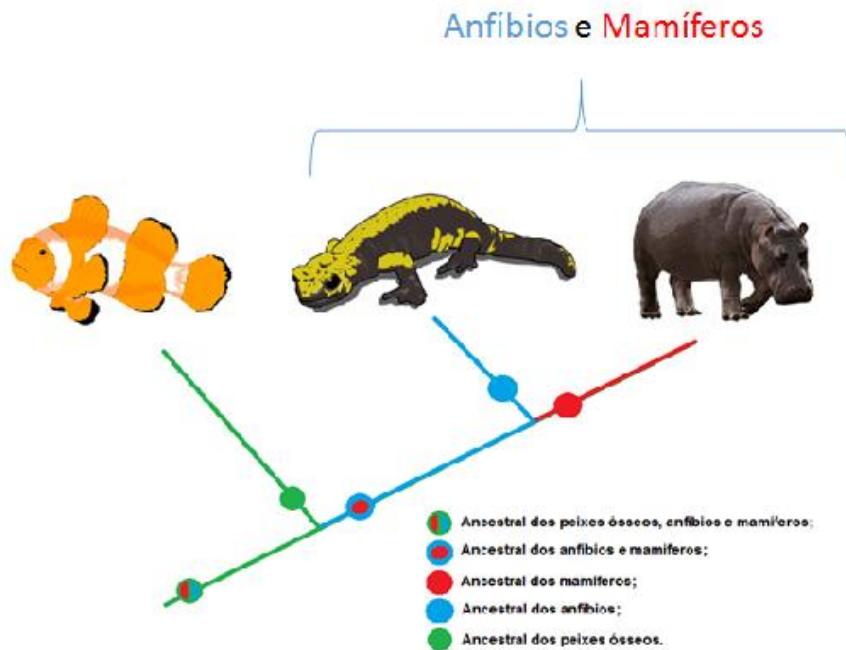


Figura 14. Cladograma com demonstração real de clados.

Anfíbios e Mamíferos: é um clado que possui um ancestral comum (contorno azul e preenchimento vermelho).

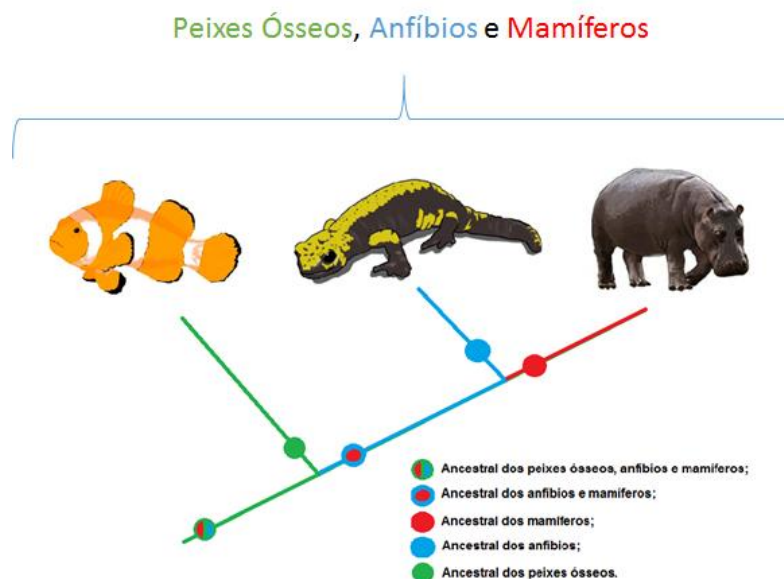


Figura 15. Cladograma com demonstração real de clados.

Peixes Ósseos, Anfíbios e Mamíferos: é um clado que possui um ancestral comum (contorno verde e preenchimento azul e vermelho).

Agora que compreendemos a **história evolutiva**, as **novidades evolutivas** e o **conceito de clado**, podemos então montar um **cladograma** com grupos reais.

Para começar, vamos conhecer os organismos:

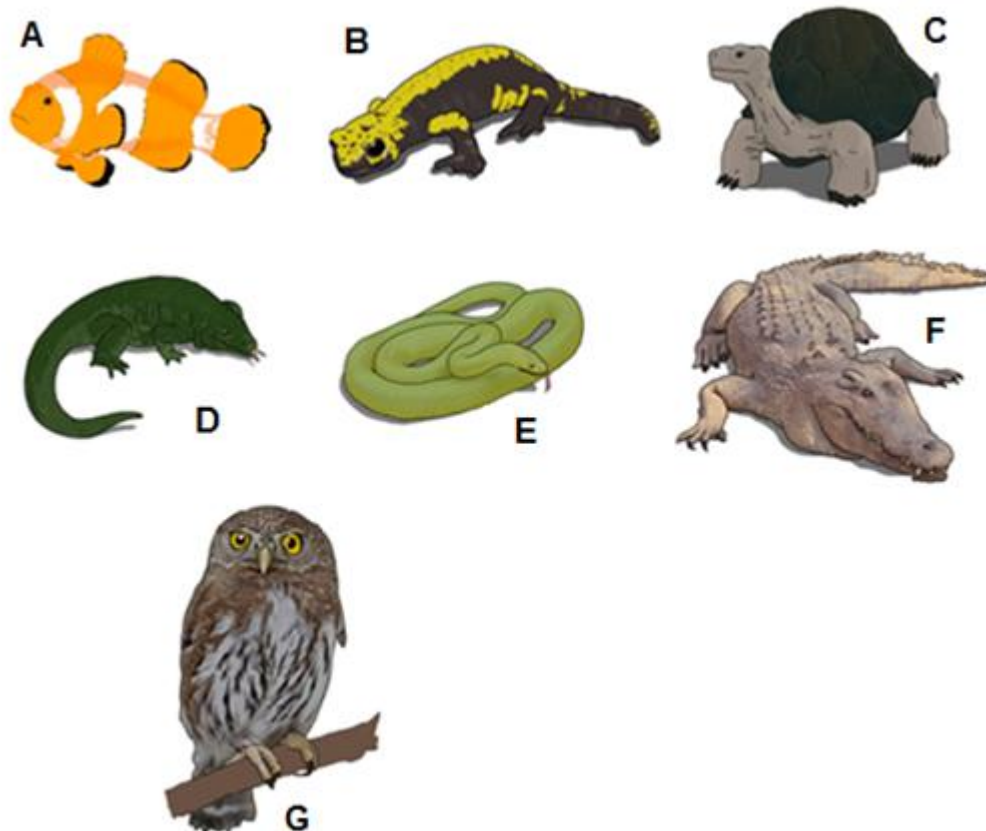


Figura 16 – seres vivos para a montagem da árvore filogenética.

Temos então:

Grupo A: Peixe-palhaço representando o clado: **Peixes ósseos**.

Grupo B: Salamandra representando o clado: **Anfíbios**.

Grupo C: Jabuti representando o clado: **Quelônios**.

Grupos D e E: Lagarto e Cobra representando o clado: **Escamados**.

Grupo F: Crocodilo representando o clado: **Crocodilianos**.

Grupo G: Coruja representando o clado: **Aves**.

Agora, vamos listar as **novidades evolutivas**, ou seja, as características compartilhadas e as características próprias:

Novidade evolutiva	Peixes ósseos	Anfíbios	Quêlonios	Escamados	Crocodilianos	Aves
Coluna vertebral óssea	apresenta	apresenta	apresenta	apresenta	apresenta	apresenta
Quatro membros	não apresenta	apresenta	apresenta	apresenta	apresenta	apresenta
Ovo amniótico	não apresenta	não apresenta	apresenta	apresenta	apresenta	apresenta
Fendas craniais	não apresenta	não apresenta	não apresenta	apresenta	apresenta	apresenta
Duas fendas craniais	não apresenta	não apresenta	não apresenta	apresenta	apresenta	apresenta
Movimento do tarso (pulso)	não apresenta	não apresenta	não apresenta	não apresenta	apresenta	apresenta
Penas	não apresenta	não apresenta	não apresenta	não apresenta	não apresenta	apresenta

No quadro acima é possível notar algumas características utilizadas para o agrupamento dos seres vivos, é possível perceber que uma delas é compartilhada por todos os seres vivos do quadro, porém nem todas são.

Analise o quadro e observe que o **Grupo G – Aves**, possui uma característica única: **penas**. Seria então provável que o ancestral comum de todas as aves possuísse penas, desta forma podemos destacar então o primeiro grupo em nosso cladograma, as Aves:

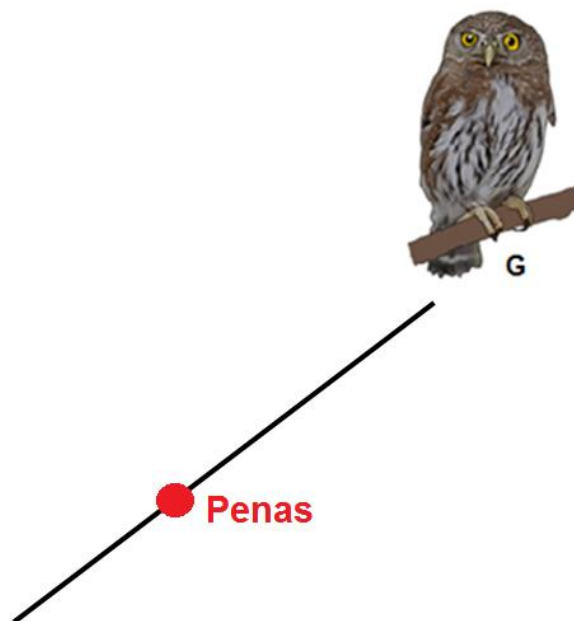


Figura 17. Clados das aves.

Depois, observamos que, tanto as Aves, quanto os Crocodilianos, conseguem movimentar o tarso, ou seja, existe um gene no DNA que capacita esses organismos a movimentar seus pulsos, parecido com a capacidade que temos de fazer o sinal de “tchau”, “adeus” ou “até logo” com nossas mãos!

É provável então, que o ancestral comum do **Grupo G – Aves** e o do **Grupo F – Crocodilianos**, fosse capaz de movimentar o tarso, e assim podemos adicionar mais um grupo à nossa árvore filogenética:

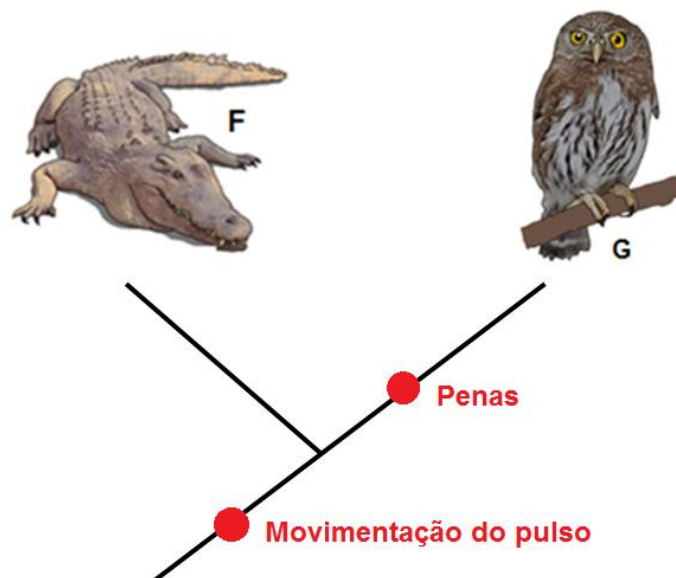


Figura 18. Clado das aves e crocodilos.

Agora temos duas características para escolher, pois o **Grupo E – Escamados**, assim como os **Grupos F e G**, apresentam: **Fendas craniais** e **Duas fendas craniais**. Ambas as características representam a forma hipotética do ancestral comum de E, F e G., porém, nesse momento temos de recorrer a **parcimônia**, que é o método de optar por caminhos econômicos, ou seja, que não requerem muitas mudanças. Em nosso caso, **fendas craniais** já representam qualquer fenda no crânio desses animais, então usaremos esta característica.

É importante salientar, que caso tivéssemos outros organismos com diferentes números de fendas craniais, precisaríamos usar a novidade evolutiva: Duas fendas craniais.

Então seguindo a nossa filogenia, temos um ancestral comum de E, F e G, que possuía **fendas craniais**:

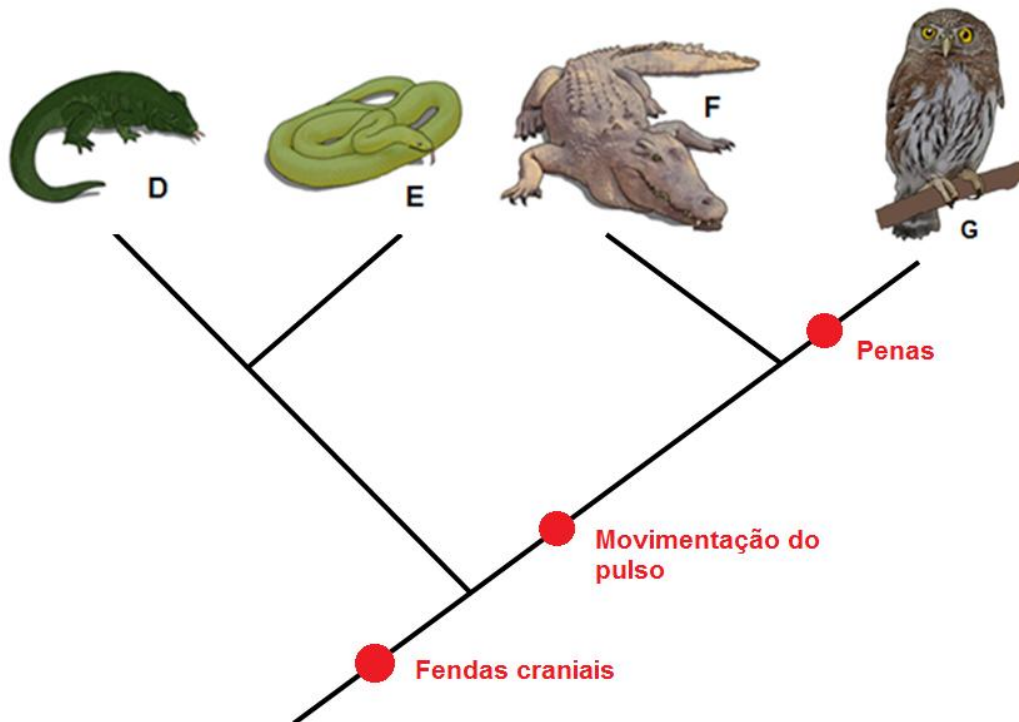


Figura 19. Clado das aves, crocodilos e escamados.

O próximo grupo que possui grau de parentesco próximo aos Grupos D, E, F e G, é o **Grupo C – Quelônios**:

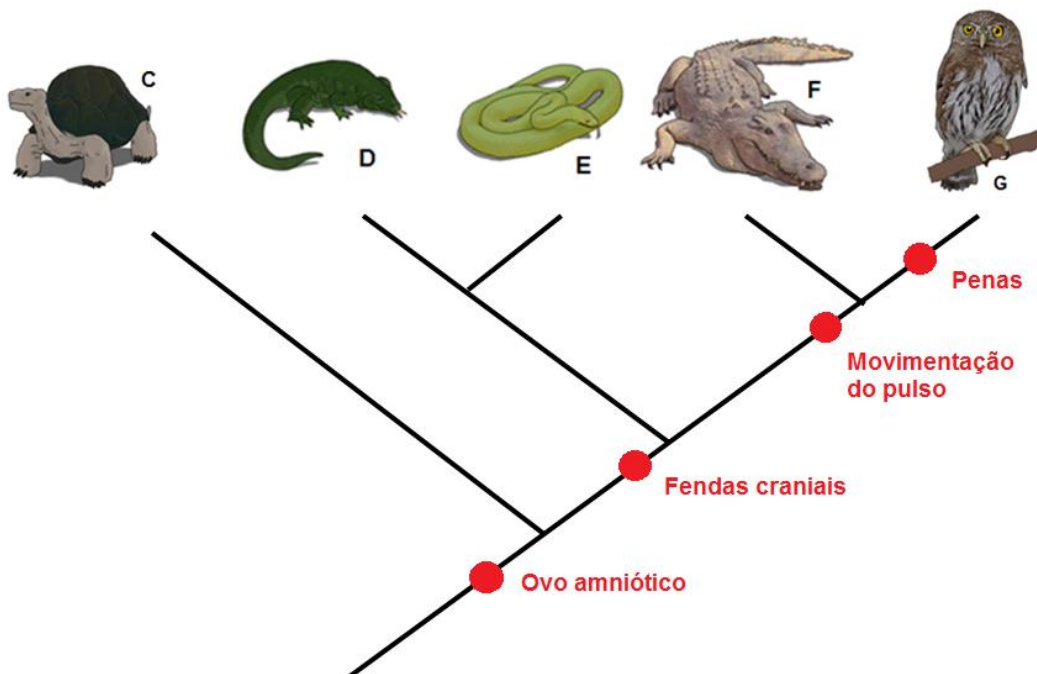


Figura 20. Clado das aves, crocodilos, escamados e quelônios.

A novidade evolutiva que define o grau de parentesco entre os grupos C, D, E, F e G, é **ovo amniótico**.

Seguindo nosso raciocínio e analisando a tabela, é possível perceber que a característica **quatro membros** está presente no **Grupo B – Anfíbios**, e que também está presente em todos os grupos que já traçamos a filogenia, podemos então continuar nossa árvore:

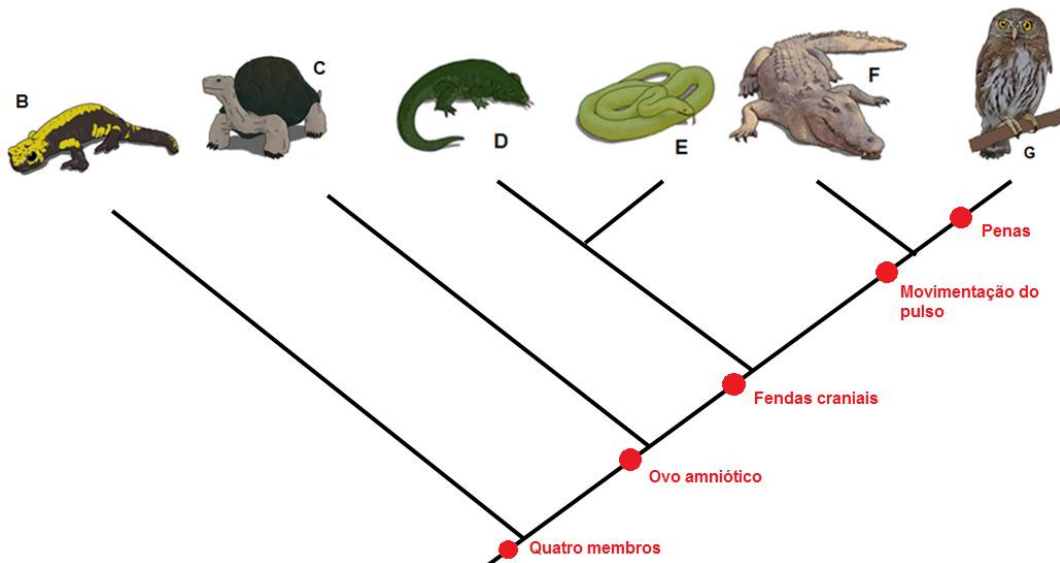


Figura 21. Clado das aves, crocodilos, escamados, quelônios e lissamfíbios.

Por fim, temos o **Grupo A – Peixes ósseos**, que utilizamos como fator de comparação aos outros organismos, pois era o grupo que possuía a característica presente em todos os outros, ou seja, a característica do ancestral comum de todos os outros grupos, **coluna vertebral óssea**:

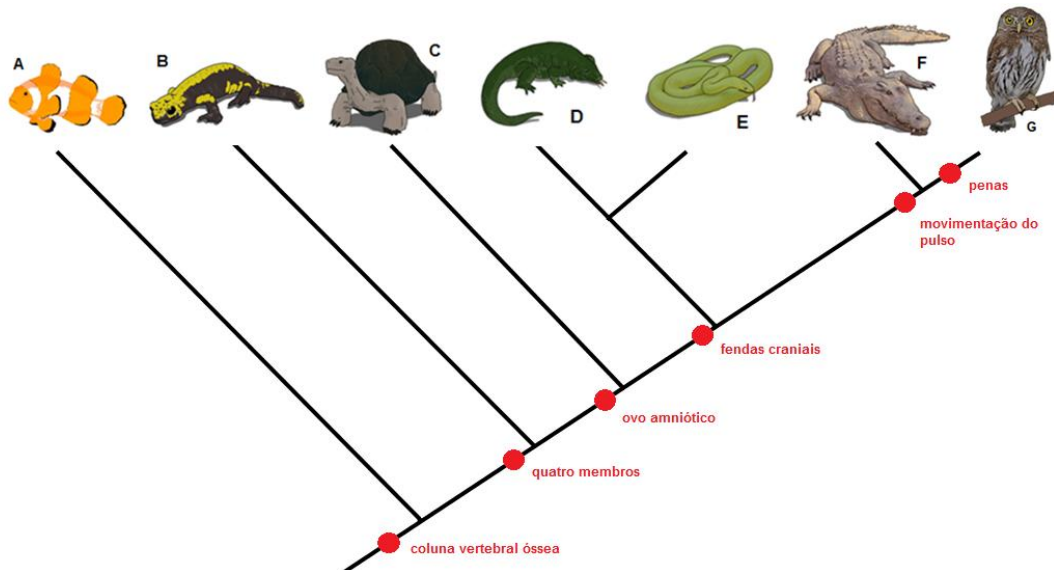


Figura 22. Clado dos vertebrados utilizados como exemplo.

Nosso cladograma está pronto, e nele é possível notar que o grupo das Aves e dos Crocodilianos são filogeneticamente muito próximos, pois

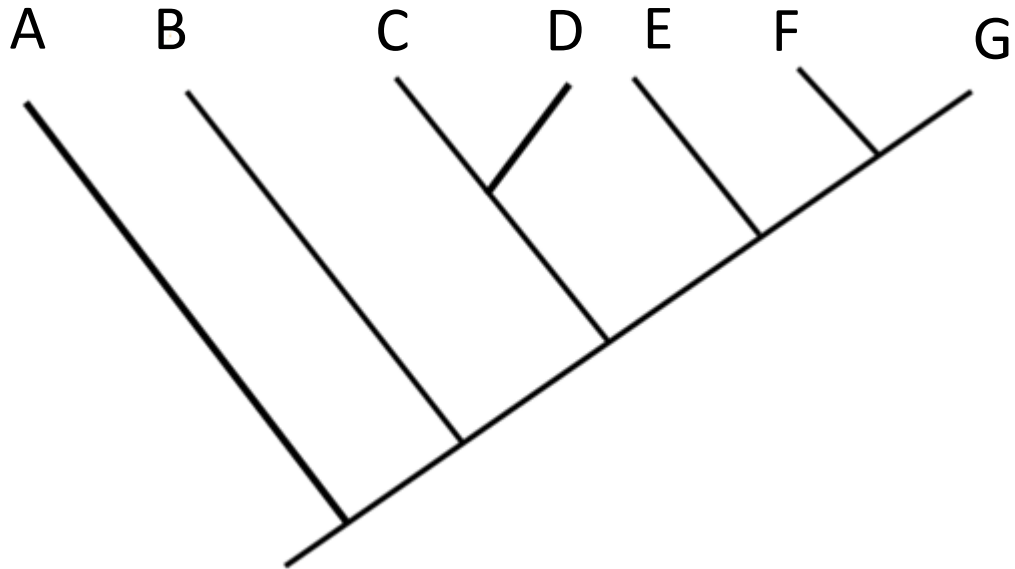
partilham de um ancestral comum muito próximo, por isso eles são muito mais aparentados entre si do que um integrante do grupo Aves com um dos Peixes ósseos, por exemplo, que partilham um ancestral comum, porém distante quando em comparação aos Crocodilianos.

As novidades evolutivas que utilizamos são consideradas mudanças que foram selecionadas pelo meio, por isso se mantiveram por tanto tempo nos organismos. Assim, essas novidades estão em constantes mudanças, ou em constante evolução. Essas mudanças podem ser o ganho ou uma perda das características, basta ela ser selecionada naturalmente e ser passada entre várias gerações para que permaneça nos seres vivos. E mesmo essas características que mudaram, continuam mudando. Por exemplo, em nossos cladograma os peixes ósseos possuíam apenas uma característica com relação aos outros organismos, no entanto, estes peixes continuaram evoluindo e adquirindo ou perdendo outras características próprias. Por este motivo não existem seres mais evoluídos, ou menos evoluídos, como dito anteriormente. Todos estão vivos ao mesmo tempo, passaram pelo mesmo tempo, possuíam ancestrais comuns e estão em constantes mudanças.

É possível concluir também que este cladograma é uma hipótese criada por nós para agrupar estes seres vivos com base nas suas características, ou melhor, nas suas novidades evolutivas. Podem existir outras hipóteses com diferentes formas de cladograma. Muitos cientistas que trabalham com a sistemática filogenética utilizam novidades evolutivas relacionadas diretamente ao DNA dos seres vivos, e por isso, conseguem estabelecer relações filogenéticas entre os organismos com base no DNA (que possui toda informação para um ser vivo exibir ou inibir características), mas é possível trabalhar também com características físicas, fisiológicas e comportamentais.

EXERCÍCIOS

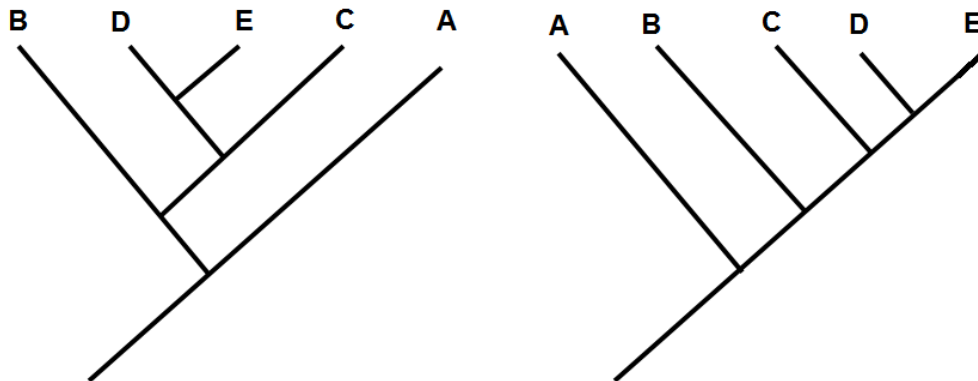
- 1) a) circule os possíveis **clados** e demonstre o tempo no cladograma a seguir utilizando uma seta:



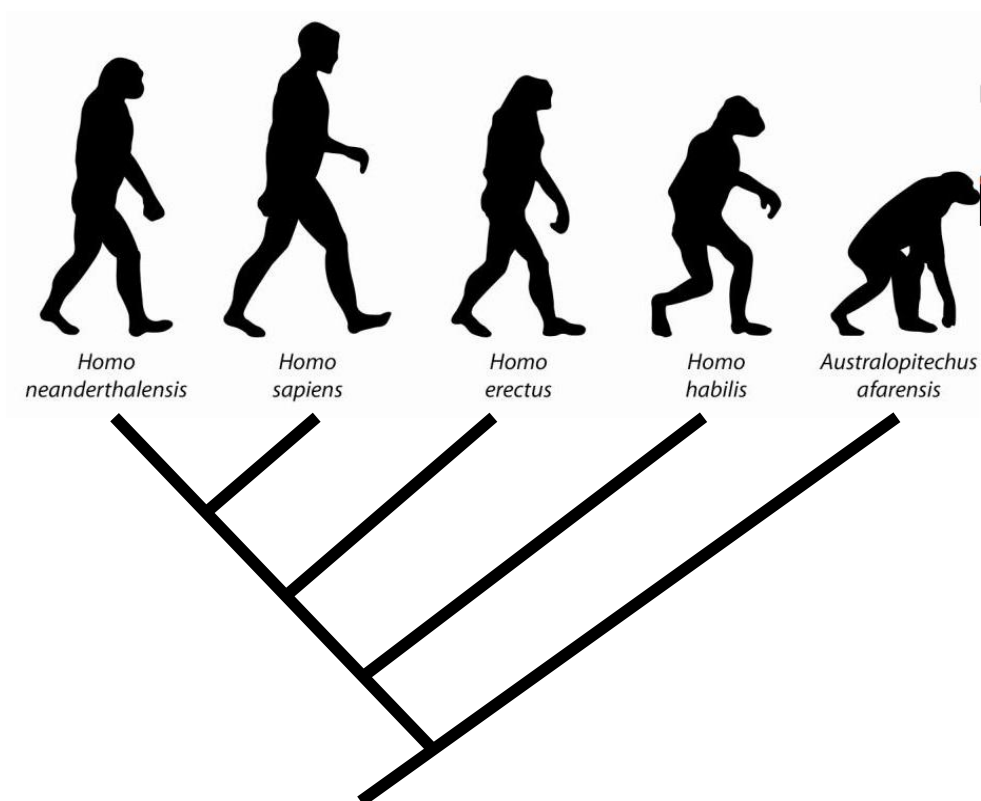
- 1) b) quantos clados existem neste cladograma?
- 2) Mostre no cladograma acima onde estão localizados os ancestrais comuns de:
- a. A – G;
 - b. E – G;
 - c. A – D;
 - d. B – F;
 - e. C – F;
 - f. F;
 - g. E – F;

Para demonstrar, basta desenhar uma bolinha no lugar onde acredita ser o ancestral comum e escrever a frente o nome dos dois grupos. (Por exemplo: B – F.)

3) As árvores filogenéticas abaixo contam a mesma história evolutiva? Por quê?



4) Observe o cladograma dos hominídeos, a seguir:



a) É correto dizer que *Homo sapiens* é o grupo mais evoluído do cladograma? Explique sua resposta.

b) Responda, Verdadeiro (V) ou Falso (F):

() Essa árvore filogenética não leva em consideração a história evolutiva dos grupos que demonstra.

() É possível dizer que o clado *Homo sapiens* possui um ancestral comum com o clado *Australopithecus afarensis*.

() *Homo habilis* e *Homo erectus* são mais parecidos entre si do que *Homo habilis* e *Australopithecus afarensis*.

() *Homo neanderthalensis* e *Australopithecus afarensis* não possuem ancestralidade alguma.

() *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens* são muito mais aparentados entre si, do que *Homo sapiens* e *Homo erectus*.

() Todos os grupos são filogeneticamente relacionados e possuem um ancestral comum.

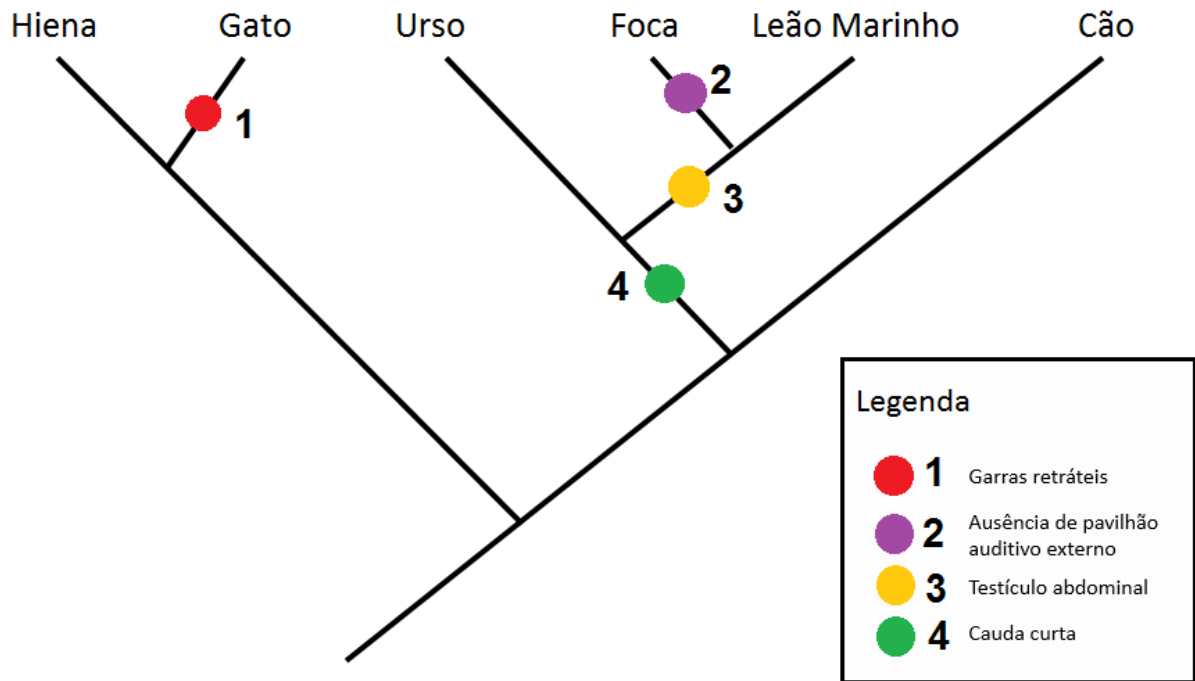
- 5) Imagine que você é um sistemata (profissional que trabalha com sistemática) e certo dia recebe uma tabela com alguns organismos e suas novidades evolutivas, pede-se apenas para que se estabeleça uma relação filogenética entre eles e monte um cladograma.

Tabela dos seres vivos capturados para análise e elaboração de filogenia:

Novidade evolutiva	Pinheiro	Bromélia	Alga Verde	Samambaia	Musgo
Pigmentos fotossintetizantes	Apresenta	Apresenta	Apresenta	Apresenta	Apresenta
Sementes	Apresenta	Apresenta	Não apresenta	Não apresenta	Não apresenta
Tecidos verdadeiros	Apresenta	Apresenta	Não apresenta	Apresenta	Apresenta
Flores e Frutos	Não apresenta	Apresenta	Não apresenta	Não apresenta	Não apresenta
Vasos condutores	Apresenta	Apresenta	Não apresenta	Apresenta	Não apresenta

Organize a tabela e utilize o espaço abaixo para montar um cladograma com as novidades evolutivas dos grupos.

- 6) (Adaptada de: D'Ambrosio, 2015). Na árvore abaixo, considere que o ancestral comum de todas as espécies representadas apresentava: cauda longa, pavilhão auditivo externo, testículos externos e garras fixas. Assumindo que todas as mudanças evolutivas que ocorreram nessas características estão marcadas na figura, qual das alternativas traz as características de um leão marinho?



- Cauda longa, pavilhão auditivo externo, testículos externos e garras fixas.
- Cauda curta, sem pavilhão auditivo externo, testículos externos e garras fixas.
- Cauda curta, sem pavilhão auditivo externo, testículos abdominais e garras fixas.
- Cauda curta, pavilhão auditivo externo, testículos abdominais e garras fixas.
- Cauda longa, pavilhão auditivo externo, testículos abdominais e garras retráteis.

GLOSSÁRIO

Sistemática filogenética: metodologia criada por Willi Hennig, que busca refletir a história evolutiva dos grupos e agrupá-los com base em seu grau de parentesco.

Grau de parentesco: Parentesco: “ Característica ou particularidade de parente. [...] Que demonstra ou contém aspectos comuns; semelhança. ” Enquanto “grau” significa uma categoria, assim, caso o grau de parentesco entre dois seres seja muito alto, significa que são muito semelhantes entre si.

História evolutiva: indica o caminho evolutivo, ou seja, a mudança dos seres vivos ao longo do tempo da Terra; conta o quanto um organismo mudou evolutivamente.

Ancestral comum: compreendendo o conceito de características compartilhadas, e levando em consideração que todos os seres vivos possuem uma origem comum, é possível também perceber que os organismos descendem de um ancestral comum, que após diversas mudanças, forma uma nova espécie, que após diversas mudanças, forma outra nova espécie, e assim por diante; cada processo de mudança, deixa para trás um ancestral comum, pois todos os seres vivos estão em constante evolução.

Novidade evolutiva: característica que surge e permanece numa população, podendo mudar ao longo do tempo, que gera a diferença entre os seres vivos; unidade utilizada para classificar os seres vivos em um cladograma.

Características derivadas/compartilhadas: características ancestrais que permanecem nos seres vivos ao longo de sua história evolutiva; assim como a multicelularidade de todos os animais.

Árvore filogenética: demonstração visual e gráfica dos agrupamentos filogenéticos; hipóteses de relação evolutiva entre grupos de organismos, com uma forma que lembra uma árvore.

Filogenia: relações entre os organismos; sinônimo de árvores filogenéticas e cladograma;

Contemporâneos: que ou o que viveu ou existiu na mesma época; que ou o que é do tempo atual.

Extintos/Extinção: ato ou efeito de extinguir(-se); desaparecimento definitivo de uma espécie de ser vivo.

Clado: agrupamento filogenético que engloba um ancestral comum e todos os seus descendentes.

Cladística: escola sistemática que agrupa os seres vivos em clados; sinônimo de “sistemática filogenética”.

DNA (Ácido Desoxirribonúcleico): moléculas que contém as instruções genéticas que coordenam o funcionamento e desenvolvimento de um organismo.

Ovo amniótico: ovo com casca dura; que possui Âmnion, estrutura que protege o ovo contra traumas e evita o ressecamento do embrião.

Anfíbios: grupo taxonômico que compreende, Anuros (sapos, rãs e pererecas); Urodela (salamandras e tritões) e Gymnophiona (cecília/cobra-cega). Atualmente, se utiliza o clado Lissamphibia, para agrupar estes organismos.

Quelônios: grupo taxonômico que agrupa todas as formas de tartarugas identificadas no mundo (jabutis, cágados e tartarugas).

PARA O (A) PROFESSOR (A)

Olá, Professor (a).

Aqui discutiremos o material como um todo, o método de aplicação, as respostas dos exercícios e uma proposta de trabalhar a cladística de maneira diferenciada.

Primeiramente, gostaria de dizer que os conteúdos de evolução tratados no Ensino Fundamental II não são tão extensos, mas possuem fundamentos suficientes para que os alunos possam compreender a sistemática filogenética. Porém, alguns professores preferem não tocar no assunto de filogenias, e até mesmo deixam de explicar a evolução dos seres vivos, porque lhes falta algo visível e entendível. Este material cumpre com a complementação necessária ao livro didático, quanto ao trabalho com a sistemática filogenética e seus fundamentos no ensino básico.

Então sem mais delongas, vamos às considerações gerais deste material.

Sistemática filogenética, Evolução e Biodiversidade

Esses três temas são o que, atualmente (2015), estão in voga nas discussões entre biólogos do mundo todo. A utilização de uma sistemática que consiga organizar os seres vivos, de maneira a estudar suas relações de parentesco, seu grau de ancestralidade e sua evolução, ao mesmo que se demonstra a diversidade de seres vivos no planeta é muito útil para o entendimento geral da vida na Terra (e quem sabe fora dela), pois nos faz

enxergar o que é esse processo evolutivo que envolve todos os organismos vivos.

A sistemática filogenética possui diferentes níveis de aprendizado, busquei por meio deste material sintetizar ao máximo as informações para que os alunos possam ter o primeiro contato com as filogenias.

Mas para que os professores também tenham contato (caso seja seu primeiro contato), vou fazer breves explicações sobre os conteúdos aqui presentes e a forma de abordagem destes em sala de aula.

O conteúdo de sistemática filogenética: conceitos

Neste material foram trabalhados os seguintes conceitos: grau de parentesco, história evolutiva, ancestral comum, novidade evolutiva, características compartilhadas/derivadas (homologias), topologia das árvores filogenéticas e clados.

É importante que antes de conhecer estes conceitos, os alunos tenham algum contato com aulas de evolução que estão nos currículos do 7º ano, para que possam se sentir mais familiarizados com os termos e não se assustarem logo de início.

Considerações sobre o conteúdo deste material

Gostaria de discutir a seguinte frase do material onde escrevi: “Desta forma é possível compreender que quanto mais características compartilhadas os seres vivos possuírem, mais próxima será sua relação de parentesco. ”

Nem sempre isso acontece, em alguns casos as características estão mais relacionadas a desenvolvimento embrionário, como é o caso do clado dos deuterostômios (clado que agrupa Equinodermos e Cordados), neste

caso não é possível compreender muitas características compartilhadas, mas sim uma única que por ser embrionária, possui um peso maior na hora de elaborar a hipótese filogenética.

É importante que os alunos não tenham a ideia de que evolução é sinônimo de melhoria. Muitas vezes confundimos alguns conceitos e tratamos a evolução como se fosse um caminho único, à frente, sem erros. Mas sabemos que não é.

Tive de sintetizar essa frase, pois facilita muito o entendimento no início do material, mesmo que depois seja necessário contradizê-la.

O uso das novidades evolutivas

Atualmente, as novidades evolutivas que descrevem os grupos de Craniata são bem específicas e definidas por meio de análises filogenéticas moleculares, escolhi não utilizar essas características, pois dificultaria o ensino da sistemática filogenética para alunos do ensino fundamental II.

Os clados discutidos

É importante, por fim, compreender que os clados discutidos também são conhecidos atualmente com nomes diferentes, por exemplo, algas verdes não são mais consideradas o grupo ancestral das plantas, sendo que atualmente se considera apenas as carófitas. No entanto, decidi trabalhar com algas verdes para não confundir os alunos. Outro clado relevante é o que chamamos de “peixes ósseos”, sendo que atualmente, o clado Osteichthyes (peixes ósseos) compreende grande parte dos vertebrados, incluindo mamíferos e aves.

Proposta: A grande corrida dos clados

Vários pesquisadores/educadores procuram sintetizar a sistemática filogenética para que esta seja ensinada no ensino básico. Porém, uma das analogias mais interessantes que encontrei está relacionada ao trabalho de Goldsmith, 2003; e se chama “The great clade race” ou “A grande corrida dos clados”.

É um ótimo método de se criar analogias junto aos alunos, porém esta proposta não funciona bem sem entender os conceitos filogenéticos, ou evolutivos. Por isso, recomendo para voce Professor (a) construir essa atividade junto aos alunos. É bem divertida e agradável.

Para o início das atividades recomendo que se trabalhe com grupos de alunos, entre 3-5 alunos. Também é importante ter algumas cartolinas para entregar aos alunos e deixá-los fazer o “mapa da corrida” para que no final se possa comparar os resultados e compreender o modo de criar árvores filogenéticas, e como alguns resultados podem estar certos.

A Grande Corrida dos Clados

Adaptado de: GOLDSMITH, D. W. (2003); por: SOARES, N.U. e GOMES, G.B. (2015).

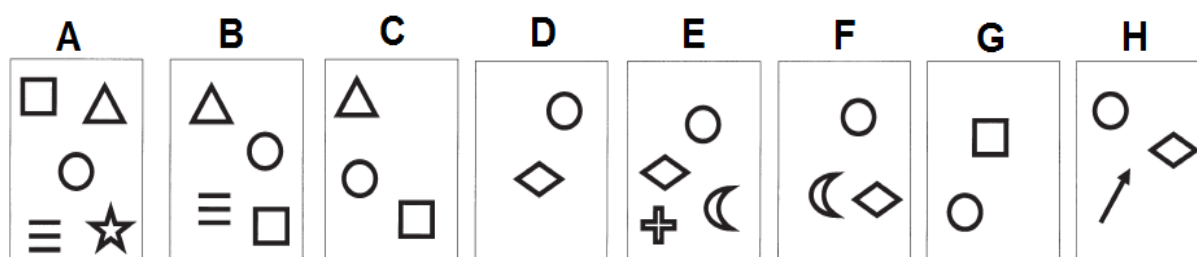
Imagine uma corrida pela floresta com seis corredores (A, B, C, D, E e F). Todos os corredores começam em uma única linha de partida, e os corredores são livres para escolher qualquer caminho para chegar ao seu destino. Os caminhos nunca se convergirão novamente, ou seja, uma vez que dois corredores escolherem diferentes caminhos estes nunca poderão encontrar-se mais uma vez. Para ajudar a manter o controle da corrida, cada corredor leva um cartão que é carimbado nas estações de “check-in” distribuídas em vários lugares do caminho. As seguintes regras se aplicam:

- Os corredores não podem voltar atrás;
- Os corredores são obrigados a recolher um selo de cada estação “check-in” que passarem;
- Cada estação “check-in” usa apenas um selo;
- Não existem duas estações de “check-in” com o mesmo selo.

Todos os seis corredores terminam a corrida transportando as suas cartas, mas cada um deles cruza uma linha de chegada diferente. O objetivo é usar as informações nos cartões recolhidos a partir dos seis corredores para reconstruir o curso e a colocação de estações de “check-in”.

Desenhe um mapa do curso. Rotule o ponto de partida, cada estação “check-in” (com o símbolo do selo que ele usa), e cada linha de chegada (com a letra do corredor que chegou até lá).

Estes são os cartões de cada corredor:



Duas possíveis respostas certas para o desenho do mapa:

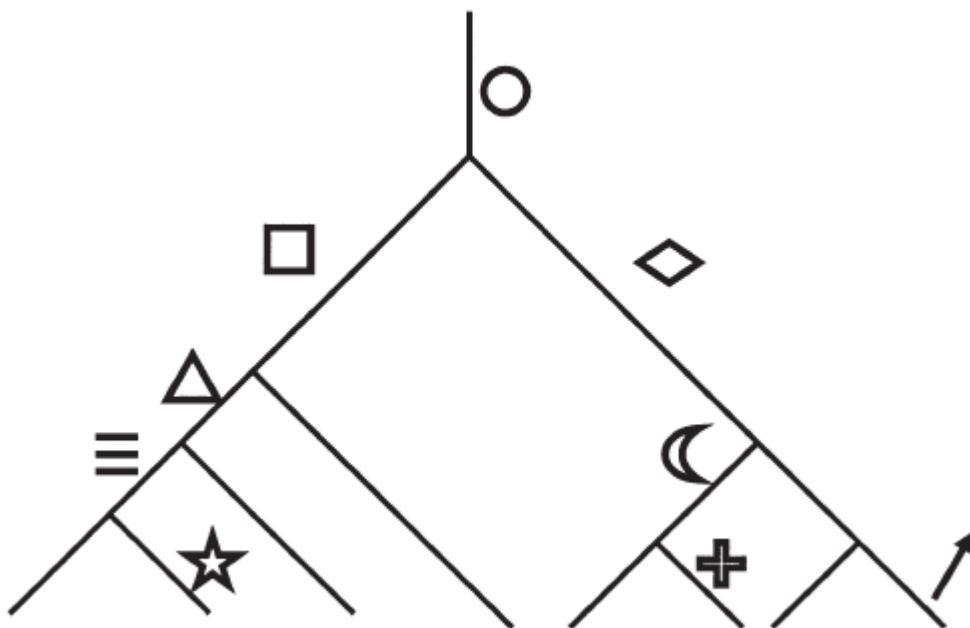


Figura 1. Mapa da corrida dos clados 1.

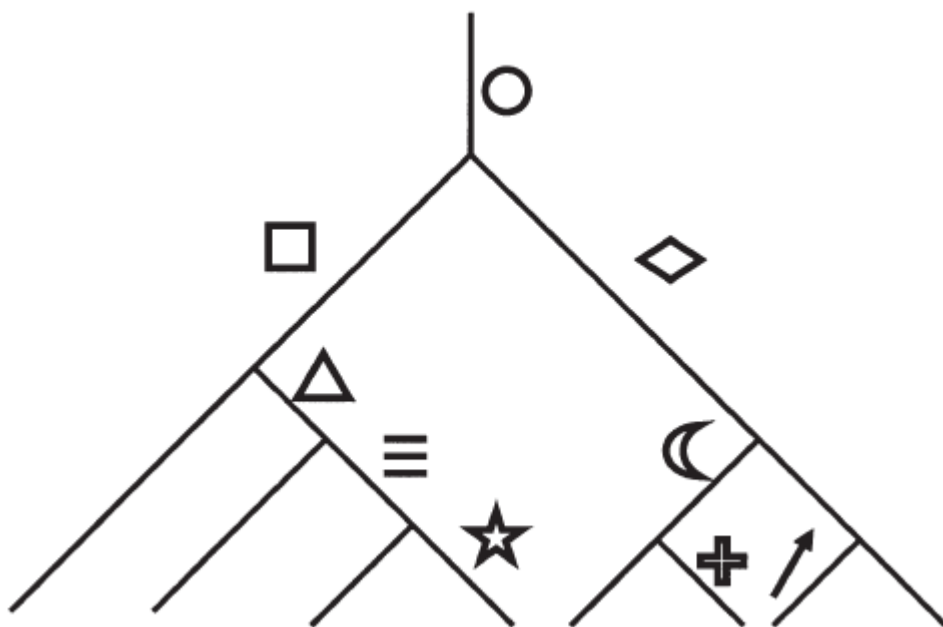


Figura 2. Mapa da corrida dos clados 2

Após montar o mapa da corrida, discuta as seguintes perguntas:

A). Ao pensar sobre a analogia com a sistemática filogenética, o que representa os seguintes?

a. Os corredores;

R – Os corredores representam os organismos, os seres vivos e a biodiversidade do planeta.

b . As estações de “check-in”;

R – As estações de “check-in” são analogias para as mudanças que ocorrem ao longo do tempo com as novidades evolutivas, que podem se somar a algumas estudadas, ou podem simplesmente seguir outro caminho.

c . A pista de corrida.

R - A pista de corrida representa a história evolutiva de cada grupo de organismos que passou por diversas mudanças para chegar a linha de chegada (presente).

B) O que você pode inferir sobre o desenho que você formou? Será que um determinado caminho vai para a direita ou para a esquerda? Os caminhos são retos ou não? Alguns segmentos do curso são mais longos do que outros?

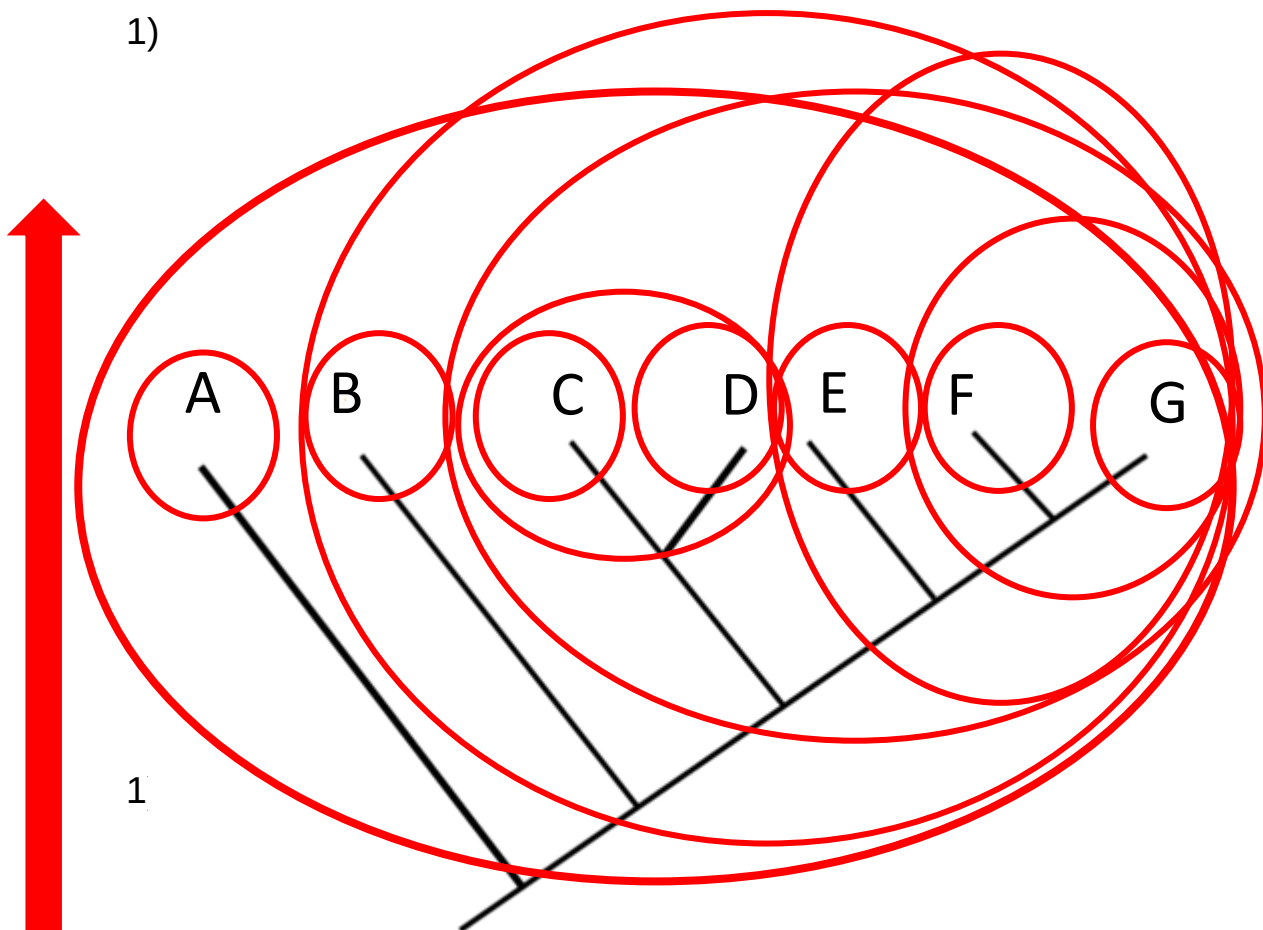
R – Deixe que os alunos soltem a imaginação e façam diversos caminhos, para que aos poucos sejam discutidos com o professor ou outros alunos. Não existem respostas exatas para esta pergunta, mas normalmente, deve-se saber lidar com os conceitos apresentados neste material.

C). Quando haviam duas estações de check-in em um segmento, você pode descobrir o que veio primeiro?

R – Essa é a pergunta chave, porque dependendo dos carimbos que estão nos cartões é possível descobrir quem veio primeiro, mas apenas quando relacionamos os cartões uns com os outros. Tente você mesmo (a).

Discussão das questões

1)

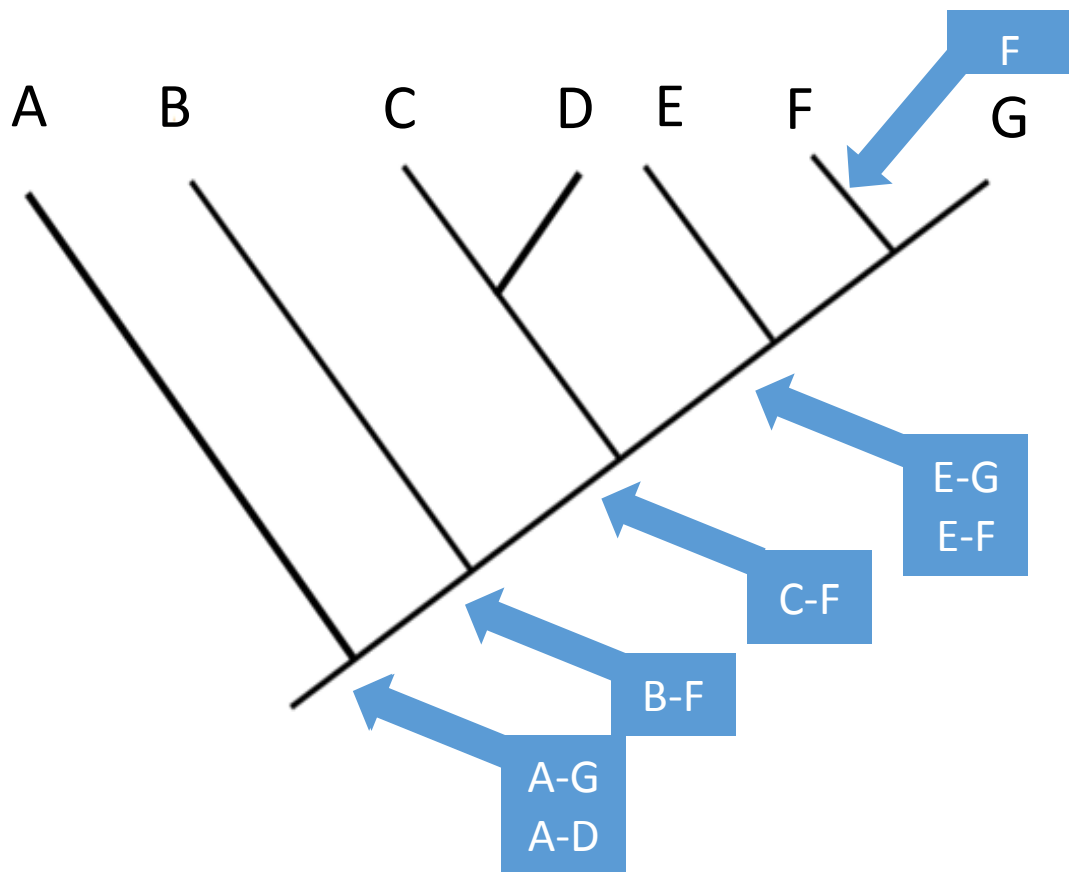


F e G são um clado;
G é um clado;
F é um clado;
E é um clado;
D é um clado;

C e D são um clado;
C é um clado;
B é um clado;
A é um clado;

1) B) Ao todo são 14 possíveis clados.

2)



3) Sim. Pois se analisarmos com cautela podemos perceber que o ancestral de "A", "B", "C", "D" e "E", é o mesmo nos dois cladogramas. Assim como os ancestrais: "B", "C", "D" e "E"; "C", "D" e "E"; "D" e "E".

4) A) É incorreto dizer que Homo sapiens é o mais evoluído do cladograma, pois todos estão na mesma posição nesta árvore filogenética. Temos que quebrar o dogma de que o ser humano é o topo da evolução e começarmos a trabalhar mais com igualdade entre os seres vivos.

B) (F) Essa árvore filogenética não leva em consideração a história evolutiva dos grupos que demonstra. R) Toda árvore filogenética leva em consideração a história evolutiva dos grupos que demonstra.

(V) É possível dizer que o clado *Homo sapiens* possui um ancestral comum com o clado *Australopitechus afarensis*. R) O ancestral comum está próximo a base da árvore filogenética.

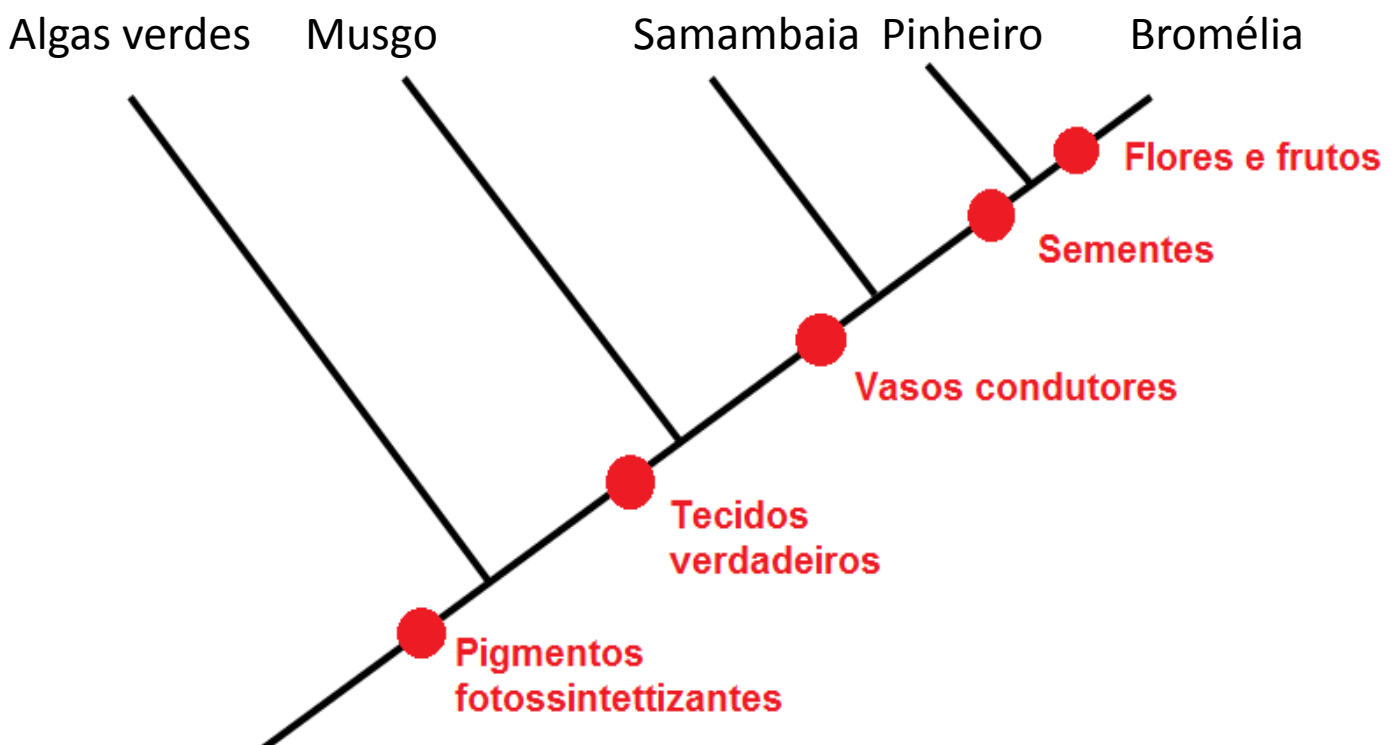
(V) *Homo habilis* e *Homo erectus* são mais parecidos entre si do que *Homo habilis* e *Australopitechus afarensis*. R) Verdadeiro, pois *Homo erectus* e *Homo habilis* possuem um ancestral comum mais próximo do que *Homo habilis* e *Australopitechus afarensis*.

(F) *Homo neanderthalensis* e *Australopitechus afarensis* não possuem ancestralidade alguma. R) Todos os clados possuem ancestralidade em algum ponto da árvore.

(V) *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens* são muito mais aparentados entre si, do que *Homo sapiens* e *Homo erectus*. R) ambos partilham de um ancestral comum mais próximo do que *Homo sapiens* e *Homo erectus*.

(V) Todos os grupos são filogeneticamente relacionados e possuem um ancestral comum. R) Todos, sem exceção.

5)



R) D, pois o ancestral possuía Garras fixas e Pavilhão externo. E o Leão marinho possui as novidades evolutivas: Cauda curta e testículo abdominal.

