



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO
GROSSO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS Mestrado
PROFISSIONAL EM ENSINO DE
BIOLOGIA – PROFBIO UFMT**



ANCESTRALIZANDO: UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA O ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

ROSIVÂNIA DE QUEIRÓZ RIBEIRO

CUIABÁ – MT 2022



AUTOR – ROSIVÂNIA DE QUEIRÓZ RIBEIRO

**ANCESTRALIZANDO: UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA
O ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NO
ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional- PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas - IB, da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Dr. Edlley Max Pessoa da Silva

CUIABÁ – MT 2022



Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

Q3a Queiróz Ribeiro, Rosivânia de.

ANCESTRALIZANDO: UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA O ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NO ENSINO MÉDIO / Rosivânia de Queiróz Ribeiro. -- 2022

52 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Edlley Max Pessoa da Silva.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Biologia, Cuiabá, 2022.

Inclui bibliografia.

1. cladograma. 2. ensino por investigação. 3. filogenia. 4. ludicidade. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE BIOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "ANCESTRALIZANDO: UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA O ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NO ENSINO MÉDIO."

AUTORA : ROSIVANIA DE QUEIROZ RIBEIRO

defendida e aprovada em 22/06/2022.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor EDLLEY MAX PESSOA DA SILVA (Presidente Banca / Orientador)
2. Doutora Daniela Cristina Ferreira (Examinadora Interna)
3. Doutor Lucas Cardoso Marinho (Examinador Externo)
4. Doutora ANA KELLY KOCH ARAUJO SILVA (Examinadora Suplente)



Documento assinado eletronicamente por **DANIELA CRISTINA FERREIRA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 23/06/2022, às 20:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lucas Cardoso Marinho, Usuário Externo**, em 24/06/2022, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDLLEY MAX PESSOA DA SILVA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 29/06/2022, às 16:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4838483** e o código CRC **A9789136**.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.

À Deus, por todas as vitórias ao longo desses anos de curso;

À Universidade Federal de Mato Grosso ao Instituto de Biociências;

Ao PROFBIO UFMT;

Ao orientador Dr. Edlley Max Pessoa da Silva, por toda paciência, seriedade e dedicação ao me conduzir nesse percurso tão difícil.

À Escola Estadual Alice Barbosa Pacheco e Escola Estadual Antônio Gomes Primo, por entender o quão importante foi esse período para minha formação profissional;

À Banca Examinadora, nas pessoas dos professores Dra. Daniela Cristina Ferreira (PROFBIO/UFMT), Dr. Lucas Cardoso Marinho (UFMA), pelas contribuições;

Ao corpo docente do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da UFMT;
Aos colegas de curso e de trabalho;

À minha Família, em especial minha mãe, que a todo momento me mostra que por mais que haja problemas, é necessário sempre se manter forte e determinada, ao meu companheiro Andrey Ricardo Refati, por sempre estar ao meu lado me apoiando, aos meus filhos, Anthony de Queiroz Refati e Ana Helena de Queiroz Refati, que são minhas fontes de amor;

Ao autor das artes que compõem o jogo, Leonardo Ricardo Rondon Silva.

Enfim, a todos meus colegas que contribuíram direta ou indiretamente, na construção deste trabalho.



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

EXPERIÊNCIA NO PROFBIO

Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso
Mestranda: Rosivânia de Queiróz Ribeiro
Título do TCM: ANCESTRALIZANDO: UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA O ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA NO ENSINO MÉDIO
Data da defesa: 22/06/2022

A oportunidade de cursar um Mestrado Profissional em Ensino de Biologia veio em um momento de dificuldades e incertezas, assim que iniciou as aulas presenciais, também iniciou a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-19 (coronavírus), logo chegaram muitos desafios em nível físico, psicológico, social, aulas presenciais foram substituídas por aulas remotas, a distância que nos afastava ficou mais curta com as novas amizades, o companheirismo dos colegas e compreensão por parte do corpo docente.

Esse percurso de pouco mais de dois anos foi muito difícil, mas de grande aprendizagem. Este é um mestrado desafiador, devemos passar por várias etapas e qualificações. Agora ao relembrar como entrei no Mestrado e como estou saindo, vejo que me tornei uma professora melhor, capaz de proporcionar aulas investigativas de buscar envolver o aluno no método científico. Portanto, esse Mestrado me trouxe a oportunidade de mostrar o quanto somos capazes de vencer desafios, se tornar sempre melhor e saber que, independentemente da situação, estamos sempre aprendendo. Então, aqui deixo registrada minha imensa gratidão a oportunidade de viver este mestrado e a todos que passaram em minha vida nesse período, que com certeza, foram essenciais nessa construção.

RESUMO

A sistemática filogenética é uma área da ciência que se baseia no conceito de ancestralidade e descendência, seu objetivo principal é que a classificação biológica reflita as relações de parentesco entre os seres vivos. O ensino de sistemática filogenética é um alicerce fundamental para aprendizagem de outros conteúdos na biologia, porém muitas vezes é negligenciado por professores no ensino médio pela carência de bibliografia e atividades voltadas para esse nível escolar. Na literatura há pouquíssimas atividades didáticas com foco em sistemática filogenética, e no geral, são voltadas ao ensino superior. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta uma pesquisa bibliográfica de âmbito nacional e internacional, e a apresentação de um novo produto para o ensino de sistemática filogenética no ensino médio, na forma de uma atividade lúdica. O jogo Ancestralizando é composto por um total de quarenta e cinco cartas representando diferentes espécies de animais viventes e ancestrais hipotéticos baseados na fauna do estado do Mato Grosso. A atividade foi elaborada a partir do aporte teórico proposto em um dos artigos analisados (a saber, RUSSO et al. 2016) onde os autores mostraram a possibilidade de desenvolver uma atividade de sistemática filogenética por meio da observação de características morfológicas, construção de cladogramas e produção de árvores filogenéticas mais parcimoniosas. Dessa forma, o professor que aplicar este produto levará o aluno a propor hipóteses e testá-las usando uma metodologia simplificada da sistemática filogenética, caracterizando o ensino por investigação. A atividade produzida é acompanhada de um manual que descreve minuciosamente cada etapa e seus respectivos objetivos.

Palavras chaves: cladograma, ensino por investigação, filogenia, ludicidade.

ABSTRACT

Phylogenetic systematics is an area of science that is based on the concept of ancestry and descent, its main objective is that the biological classification reflects the kinship relationships between living beings. The teaching of phylogenetic systematics is a fundamental foundation for learning other content in biology, but it is often neglected by high school teachers due to the lack of bibliography and activities aimed at this school level. In the literature there are very few didactic activities focused on phylogenetic systematics, and in general, they are aimed at higher education. In this sense, the present work presents a bibliographical research of national and international scope, and the presentation of a new product for the teaching of phylogenetic systematics in high school, in the form of a playful activity. The Ancestralizando game consists of a total of forty-five cards representing different species of living animals and hypothetical ancestors based on the fauna of the State of Mato Grosso. The activity was elaborated from the theoretical contribution proposed in one of the analyzed articles (see RUSSO et al. 2016), where the authors showed the possibility of developing a phylogenetic systematic activity through the observation of morphological characteristics, construction of cladograms and production of more parsimonious phylogenetic trees. In this way, the teacher who applies this product will lead the student to propose hypotheses and test them using a simplified methodology of phylogenetic systematics, characterizing teaching by investigation. The activity produced is accompanied by a manual that describes in detail each step and their respective objectives.

Keywords: cladogram, research teaching, phylogeny, playfulness.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 A SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA.....	12
1.2 CONCEITOS BÁSICOS EM SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA.....	14
1.3 DIFICULDADES E PROPOSTAS PARA O ENSINO NO SÉCULO XXI.....	16
1.4 GAMIFICAÇÃO DO MÉTODO DA PARCIMÔNIA PARA ENSINO DA SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA.....	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. MÉTODO.....	17
3.1 ELEMENTOS BÁSICOS DO JOGO.....	17
3.2 PRODUÇÃO DO MATERIAL FÍSICO.....	20
3.3 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	21
3.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PARCIMÔNIA.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO JOGO.....	22
4.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA - COMO JOGAR.....	25
4.3 SÍNTESE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	34
5. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE.....	41

1. INTRODUÇÃO

O modelo de ensino predominante no Brasil ainda está vinculado a aulas centradas no professor que transmite o conteúdo brevemente, realiza alguma discussão e questionamentos e o aluno precisa memorizar os conteúdos para responder alguma atividade ou avaliação. Entretanto esta perspectiva de ensino já não reflete as necessidades dos alunos do século XXI (SOUZA; DOURADO, 2015).

Para atender essa nova demanda, foi criada a Base Nacional Comum Curricular a qual evidencia a necessidade de mudança no processo de ensino aprendizagem, para tanto, os conteúdos são divididos em eixos, na área de ciências da natureza estes eixos são: I. Matéria e energia, II. Terra e Universo, e III. Vida e evolução. No ensino médio são apenas dois eixos, I. Matéria e energia e II. Vida, terra e cosmo, este segundo eixo no ensino médio é resultado da junção dos eixos II e III do ensino fundamental, dessa forma, também destaca que os conhecimentos conceituais provenientes dos eixos citados, possibilita aos estudantes, investigar, analisar e discutir situações-problema (BRASIL, 2018).

Esta nova orientação de ensino, possibilita a promoção de ensino significativo, pois, segundo Cabrera (2007), desenvolve a capacidade de pensar, levantar hipóteses e possibilidades, isso deve ocorrer por meio de incentivos com diversos recursos pedagógicos, estimulando o pensamento de forma sistemática e ativa, levando o aluno à construção do conhecimento e cabe ao professor mediar esta descoberta. Além disso, pode promover o desenvolvimento pleno do educando, de forma crítica para o exercício da cidadania (LDB, 1996), portanto, propor atividades que proporcionem momentos de integração e por meio de erros e acertos, alcança as dimensões atitudinais, conceituais e procedimentais.

Segundo Campos (2003) os jogos fazem a aproximação do conteúdo tornando concreto o que seria abstrato, levando o educando a refletir sobre o assunto de forma prazerosa e assim se apropriar significativamente do conhecimento. Quando falamos da utilização de jogos no contexto escolar, podemos usar o termo “gamificação”. Para gamificar uma atividade é preciso desenvolver um design complexo, que seja capaz de promover a associação entre as instruções, a motivação, a cognição e a aprendizagem. E, dessa forma, o ambiente de aprendizagem se torna dinâmico e lúdico, proporcionando uma aprendizagem mais prazerosa (ALVES; TEIXIERA, 2014).

A promoção de um ambiente gamificado pode apresentar uma abordagem investigativa, pois esse tipo de abordagem pode estar vinculada a qualquer recurso de ensino. No entanto, para isso é necessário que o professor promova a interação entre os alunos,

levando a resolução de problemas com base nos conhecimentos que foram adquiridos e que serão consolidados (SASSERON, 2015).

No ensino em ciências da natureza, Santos e Klassa (2012) afirmam que a teoria de evolução biológica é o cerne da biologia e o pensamento evolutivo permeia diversas áreas. Esse conteúdo permite entender o parentesco entre os diferentes organismos e deveria nortear no ensino de biologia. Quando se considera o conhecimento prévio do educando sobre a evolução dos seres vivos, verifica-se que este conteúdo é muitas vezes entendido erroneamente devido a crenças religiosas, culturas locais e conceitos superficiais que são repassados pelos meios de comunicação de massa (SANTOS; CALOR, 2007). Isso acontece porque o ensino da evolução biológica em uma abordagem tradicional nas escolas restringe-se ao reducionismo das teorias opostas de Darwin e Lamarck. É preciso mudar essa visão, pois essa é apenas uma parte do conhecimento atual sobre o estudo da história evolutiva dos organismos (SANTOS; KLASSA, 2012).

A sistemática filogenética é uma área da ciência capaz de levantar hipóteses sobre as relações de parentesco entre os seres vivos e, usualmente, trazer essas informações em representações gráficas (cladogramas ou árvores filogenéticas). A disposição dos organismos proposta por essa área da ciência pode estabelecer classificações taxonômicas baseadas na história evolutiva dos seres vivos (SANTOS; KLASSA, 2012). Aproximar os educandos da sistemática filogenética é fundamental para o entendimento da evolução e da biologia como um todo, e isso pode ser realizado desmistificando conceitos por meio de jogos ou atividades lúdicas.

1.1. A SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Nas regiões tropicais do mundo, onde se encontra a maior parte do Brasil, estão descritas quase duzentas mil espécies, no mundo são aproximadamente dois milhões de espécies de seres vivos (LEWINSOHN; PRADO, 2005), no entanto estima-se que este número seja maior, essa biodiversidade é o objeto de estudo da sistemática que busca estabelecer relações entre os organismos por meio de semelhanças que podem ser morfológicas e moleculares, que aproximam um grupo de espécies de outro (AMORIM, 2002).

Devido à grande diversidade de seres vivos, sempre existiu a necessidade de ordená-los de alguma forma. Aristóteles e Platão foram os primeiros a propor um método de classificação baseado em observação das características dos seres vivos e, em seus

pensamentos filosóficos, acreditavam que as espécies eram fixas e imutáveis (SANTOS, 2008). Assim como Aristóteles, Lineu propôs no século XVIII um sistema de classificação baseado em graus de semelhanças entre os organismos, além disso, introduziu um sistema de nomenclatura binomial em latim para designar as espécies. Somente no final do século XVIII e início do século XIX, Lamarck questionou as espécies como entidades fixas (AMORIM, 2002).

Lamarck (1914) propôs que a biodiversidade existente tinha origem nas mudanças que ocorreram ao longo dos anos por meio de alterações ambientais, que induziam os seres vivos a sofrer transformações, acreditava que as espécies não existiam todas ao mesmo tempo. No entanto apesar de entender que o mundo evoluía, foram Wallace (1855) e Darwin (1859) que fizeram contribuições mais precisas sobre os mecanismos evolutivos (SANTOS; KLASSA, 2012). Darwin trouxe o conceito de seleção natural para explicar a grande variabilidade de seres vivos e propôs que as espécies evoluíram com o tempo (ROSA; MARTINS, 2017).

A teoria da evolução proposta por Darwin em seu livro intitulado “*The Origin of Species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*”, publicado em 1859, foi uma grande revolução na compreensão da diversidade biológica. Darwin fez afirmações precisas sobre o modo no qual os seres vivos evoluíam, com dois pontos principais: as populações naturais sofriam mudanças ao longo do tempo por seleção natural e que todos os seres vivos partilham um ancestral comum (RUSSO; ANDRÉ, 2019). No entanto, não existia até então uma metodologia clara para mostrar como as espécies estavam relacionadas. Somente em meados do século XX que o entomólogo alemão Willi Henning (1950, 1966) apresentou um método chamado de parcimônia como parte de um novo ramo da ciência chamado sistemática filogenética, capaz de estabelecer relações hipotéticas de parentesco entre os seres vivos (SANTOS, 2008).

A sistemática filogenética, também conhecida por cladística, é uma área da ciência quem tem como ferramenta principal a construção de árvores filogenéticas baseado no conceito de ancestralidade comum proposto por Darwin (1859). O objetivo principal é que a classificação biológica reflita as relações de parentesco entre os seres vivos. Na metodologia proposta por Henning (1950, 1966), é usada a ancestralidade comum como fundamento para reconstruir grupos monofiléticos (aqueles que possuem um único ancestral e que inclui todos os seus descendentes). Com base nas observações dos organismos, os caracteres ancestrais são chamados de plesiomórficos, e os caracteres derivados são chamados de apomórficos. Com base nas observações desses caracteres é possível

estabelecer relações hipotéticas de parentescos entre os organismos estudados (KLASSA; SANTOS, 2017; AMORIM, 2002)

Em uma árvore filogenética, também conhecida como cladograma, as relações entre os seres vivos se estabelecem por meio de ramos, que podem representar quaisquer das categorias hierárquicas lineanas (ex. espécie, gênero, família, ordem, etc.). Para Klassa e Santos (2017, p. 23) “Hennig definiu as relações biológicas de parentesco baseando-se no *three-taxon statement*: o táxon A está mais próximo do táxon B em relação ao táxon C pois o grupo A+B compartilha caracteres apomórficos ausentes em C.” Além disso Henning definiu o conceito de grupo natural ou monofilético e estabeleceu o princípio da parcimônia que nada mais é que definir as hipóteses de parentesco que tiver menor quantidade de transformações ou “passos” evolutivas.

A sistemática filogenética proposta por Henning (1950) estabelece o método da parcimônia, que explicando de forma simples, seria o caminho mais simples para criação de árvores filogenéticas hipotéticas, ou seja, a evolução sempre irá ocorrer por menor número de etapas. A análise por parcimônia se dá ao encontrar a árvore filogenética que é descrita por dados com menor número de mudanças de estado de caractere (TUIMALA, 2006).

A sistemática filogenética é capaz de ampliar a compreensão sobre a natureza, pela comparação de hipóteses construídas por meio de observações, experimentos e um conjunto de dados, dessa forma, é possível compreender a biologia de forma dinâmica (SANTOS; CALOR, 2007).

1.2 CONCEITO BÁSICOS EM SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Para compreensão da sistemática filogenética, é preciso conhecer alguns conceitos citados por Amorim (2002), são eles:

- **Apomorfia:** é a condição de um caractere mais recente (derivada) que outra homóloga já existente, pela qual se originou (ancestral).
- **Autapomorfia:** é a condição derivada, restrita a um grupo, ou seja, que não é compartilhado.
- **Caráter:** modificações ocorridas em táxons, podem ser podem morfológicas, anatômicas, bioquímicas, moleculares e que podem ser modificadas na descendência, apresentado variações, que poderão ser herdadas nas próximas gerações.

- **Clado:** grupo que possui a informação completa da história evolutiva de um grupo, por meio de um ancestral em comum e todos os seus descendentes. Sinônimo de grupo monofilético.
- **Cladograma:** São formas em diagrama que indica as relações de parentesco filogenético entre táxons terminais.
- **Espécie ancestral:** Espécie que deu origem a dois ou mais táxons. Estes ancestrais aparecem nos cladogramas como hipóteses na forma dos nós.
- **Espécie vivente:** são aquelas que vivem atualmente, representadas por terminais.
- **Filogenia:** ferramenta da sistemática filogenética utilizada para inferir a história evolutiva das diferentes espécies de seres vivos que partilham as relações de parentesco entre as espécies ancestrais.
- **Grado:** grupo não-monofilético, podendo ter um mesmo ancestral, mas não incluindo todos os descendentes. Ou incluir todos os descendentes, mas não o ancestral.
- **Grupo externo:** grupo ou espécie relacionada, mas que não pertence a um grupo teoricamente monofilético. Utilizado em uma análise filogenética.
- **Grupo monofilético:** grupo que possui a informação completa da história evolutiva, por meio de um ancestral em comum, é composto por todos descendentes desse ancestral, compartilhando as características exclusivas provenientes do processo evolutivo, as sinapomorfias. Sinônimo de clado.
- **Grupo parafilético:** grupo que possui a informação incompleta da história evolutiva. Possui um ancestral comum, no entanto, não inclui todos os descendentes desse ancestral. Também chamado de não-monofilético.
- **Grupo polifilético:** grupo que possui a informação incompleta da história evolutiva. Inclui pelo menos duas origens evolutivas diferentes que apresentam características similares. Também chamado de não-monofilético.
- **Homologia:** é a similaridade (ou equivalência) entre estruturas de espécies diferentes que partilham um ancestral comum com essa mesma estrutura.
- **Nó:** conexão entre dois ramos, representa um ancestral comum, e o evento de cladogênese.
- **Parcimônia:** o caminho mais curto para representar uma hipótese filogenética.
- **Parcimônia:** o caminho mais curto para representar uma hipótese filogenética.
- **Plesiomorfia:** é a condição de um caractere mais antiga, preexistente (ancestral), em uma série de transformação.

- **Ramos:** caminho que representa um grupo de seres vivos sem eventos de cladogênese.
- **Sinapomorfia:** é a condição de um caractere mais recente que outra homóloga já existente compartilhada por um grupo.
- **Táxon:** espécie, ou grupo de espécies (gênero, família, ordem, etc.) representados por um clado, ou seja, qualquer uma das categorias hiherarquicas lineanas.

Cientes dos conceitos listados acima, os professores terão maior segurança para auxiliar os alunos a compreender a formação de árvores filogenéticas e testar suas hipóteses sobre as relações de parentesco entre as diferentes espécies.

1.3. DIFICULDADES E PROPOSTAS PARA O ENSINO NO SÉCULO XXI

Souza e Dourado (2015) afirmam que a prática pedagógica no ensino tradicional está reduzida ao procedimento didático de aulas expositivas, onde o professor explica o conteúdo, os alunos devem escutar, ler, decorar e repetir. Este método está centrado no professor e em um modelo educativo que não supera as necessidades do educando no século XXI. Esse pensamento corrobora com Silva *et al.* (2018) que ressaltam que na educação brasileira há grandes desafios que interferem na aprendizagem dos alunos, como as metodologias tradicionais, o professor como o centro no processo de ensino e estratégias que indicam um falso protagonismo estudantil. No ensino de ciências isso não é diferente, não há estímulos, provocações sobre as teorias científicas, de como as hipóteses foram construídas, se existem teorias diferentes e quais questões ainda esperam respostas, geralmente acontece apenas uma exposição deficiente (SANTOS; CALOR, 2007).

Nas aulas no ensino médio, os professores utilizam como principal instrumento de ensino os livros didáticos. Estes foram analisados por Vasconcelos e Lopes (2012) com foco no conteúdo de sistemática filogenética, e os autores destacam que muitos conteúdos apresentam distorções conceituais, carência de atividades para o aluno e recursos para o professor. Cordeiro *et al.* (2018) também realizaram análises de coleções de livros didáticos do ensino médio e verificou que a maioria apresenta a biodiversidade de forma linear, com poucas aplicações dos recursos relacionados a sistemática filogenética. Além disso, Coutinho e Santos (2019) identificaram que uma parcela de professores apresenta dificuldades significativas, com graus diferentes para a compreensão da evolução biológica por meio da sistemática filogenética.

1.4. GAMIFICAÇÃO DO MÉTODO DA PARCIMÔNIA PARA ENSINO DA SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

A sistemática filogenética é uma área da ciência capaz de levar o professor a uma mudança de suas concepções sobre a construção do conhecimento científico, levando-o a conhecer diferentes perspectivas da ciência de forma filosófica. Tais mudanças de paradigmas podem ser capazes de facilitar o processo de ensino/aprendizagem na biologia (SANTOS; CALOR, 2007). Partindo dessa premissa, questiona-se: seria possível desenvolver um jogo em sistemática filogenética direcionado ao ensino médio em que o aluno pudesse compreender o assunto de forma investigativa?

Para que os jogos didáticos sejam eficientes, foi preciso definir um conjunto de características que possam contribuir para aprendizagem significativa dos alunos. Os jogos deverão proporcionar diversão e ao mesmo tempo a concentração, essas características são devidas a intencionalidade do produto, que a medida que promove a diversão, também favorece a aprendizagem e domínio dos conteúdos (CONCEIÇÃO; MOTA; BARGUIL, 2020). Esse pensamento corrobora com Silva (2016) que afirma que os jogos comuns têm apenas a função de entretenimento e os jogos sérios (*serious games*) a função de compreender alguma área de conhecimento e que para ser desenvolvido é necessário pensar em pelo menos duas etapas principais, a técnica e a conceitual.

Segundo Busarello, Ulbricht e Fadel (2014) a construção ou adaptação dos jogos voltadas a aprendizagem deverá conter alguns requisitos básicos, os autores sumarizaram que os produtos de gamificação precisam ter ao menos quatro elementos: 1. a meta: que seria o propósito o qual deve ser alcançado; 2. as regras que os indivíduos deverão seguir para pautar suas decisões; 3. um sistema de *feedback* para que haja maior engajamento dos jogadores e 4. a participação voluntária: quando os jogadores estão dispostos a aceitar os elementos já citados. Algo semelhante ao apresentado por Boller e Kapp (2018), que indicam que:

Jogo é uma atividade que possui: um objetivo; um desafio (ou desafios); regras que definem como o objetivo deverá ser alcançado; interatividade, seja com outros jogadores ou com o próprio ambiente do jogo (ou com ambos); e mecanismos de feedback, que ofereçam pistas claras sobre quão bem (ou mal) o jogador está se saindo. Um jogo resulta numa quantidade mensurável de resultados (você ganha ou perde; você atinge o alvo, ou algo assim) que, em geral, promovem uma reação emocional nos jogadores (p. 12).

Portanto, seria possível formular um jogo para a fixação dos conteúdos relacionados a sistemática filogenética de forma investigativa? O presente trabalho busca elaborar uma atividade prática, em formato de jogo didático, trabalhando o conteúdo da sistemática filogenética tendo como temas: 1. Ancestralidade e descendência e 2. Construção de árvores filogenéticas. Dessa forma, buscamos gerar como produto um jogo com manual para o ensino com abordagem investigativa sobre a temática.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Criar um jogo de fixação do conteúdo de sistemática filogenética no ensino médio contemplando características do ensino investigativo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adaptar o ensino do método da parcimônia à realidade do ensino médio;
- Formular uma sequência didática investigativa para aplicação do jogo;
- Elaborar um manual para aplicação do jogo.

3. MÉTODOS

3.1 ELEMENTOS BÁSICOS DO JOGO

Para responder o questionamento fundamental deste estudo e desenvolver o jogo, foram realizadas buscas por estudos publicados com o tema de ensino de sistemática filogenética utilizando os seguintes conjuntos de termos: jogo + sistemática + filogenética, atividade + lúdica + sistemática + filogenética, ludicidade + filogenia. Além disso foram realizadas buscas de jogos didáticos no nível do ensino médio focados em outros conteúdos da biologia como ecologia e genética, a fim de analisar a possibilidade de adaptação para o conteúdo da sistemática filogenética.

Foram encontrados na literatura: o “Phylogenesis”, que em seu título apresenta ser um jogo de ensino de sistemática filogenética, no entanto, está voltado a ecologia, evolução

e especiação (PORTELA et al. 2016); o jogo “A árvore dos parentescos” (COSTA, 2012), onde há uma narrativa para que o aluno entenda o processo evolutivo, tentando promover uma explicação na ordenação genealógica das árvores filogenéticas. Neste, os alunos participam da construção de uma árvore já pré-determinada que relaciona diferentes espécies de animais existentes, por meio de pistas ao longo de uma trajetória de casas desenhadas na árvore evolutiva em forma de tabuleiro (COSTA, 2012). Outro jogo de trilha para o ensino de biologia evolutiva encontrado foi o “Paleo Game”, neste jogo digital é necessário responder questionamentos e curiosidades sobre o conteúdo de Biologia Evolutiva, estão expostos em linguagem acessível e com três alternativas de respostas, o jogador que completar primeiro a trilha paleontológica vence (NOBRE; FARIAS, 2016). Barboza e Braga (2020) propuseram um jogo como ferramenta inovadora no ensino sobre os vertebrados e sua classificação, o jogo foi composto por três etapas, a primeira de perguntas e respostas sobre o assunto, a segunda etapa de adivinhação baseada nas características descritas em cartas e a terceira etapa composta pelo preenchimento de um cladograma que foi desenhado na lousa. Em todos os casos, embora árvores sejam trabalhadas do ponto de vista evolutivo, a construção delas ainda é abstrata para os alunos. Desta forma, até então, parece que um jogo com esse foco é inexistente para o nível do ensino médio em língua portuguesa.

Fora do conteúdo da evolução diversos jogos estão disponíveis abordando outros conteúdos na área do ensino de biologia como o jogo “Intereco”, proposto por Lara *et al.* (2017) que aborda as relações ecológicas por meio de um jogo de cartas, formando uma combinação de quatro cartas contendo as informações corretas sobre a interação ecológica entre aqueles seres vivos. Levando em consideração as condições atuais da infraestrutura das escolas públicas brasileiras, jogos como este que envolvem cartas são de fácil reprodução e aplicação quando comparado a softwares.

Os materiais publicados relacionados ao ensino de sistemática filogenética são geralmente voltados ao ensino superior, a exemplo das propostas de Tuimala (2006), McCabe (2014) e Russo *et al* (2016) que mostraram possibilidades de atividades por meio da observação de características morfológicas, construção de cladogramas e produção de árvores filogenéticas mais parcimoniosas. No entanto estes estudos tem um nível de complexidade e não aplicável ao ensino médio, que continua negligenciado e sem publicações que sanem as dificuldades dos professores no ensino por investigação desse conteúdo.

Os jogos disponíveis (*vide web*) até o momento, não apresentaram possibilidades do aluno criar hipóteses e testá-las, dessa forma o jogo Ancestralizando foi elaborado a partir

de aporte teórico proposto por Russo *et al.* (2016) que mostraram a possibilidade de uma atividade onde fosse possível a observação de características morfológicas, construção de cladogramas e produção de árvores filogenéticas mais parcimoniosas utilizando máscaras chinesas, que é voltado ao ensino superior, esta gamificação proposta, foi articulada para atender às necessidades do público da Educação Básica, em especial os alunos do ensino médio.

Em seguida foram considerados os elementos básicos de um jogo voltado a aprendizagem como propostos por Busarello, Ulbricht e Fadel (2014) e Boller e Kapp (2018), segundo os autores citados, para a criação do jogo voltado ao ensino, é preciso que haja: um objetivo (1), um desafio (2), as regras (3), e mecanismos de interatividade (4) e o *feedback* (5).

Dessa forma, o jogo Ancestralizando apresenta os seguintes elementos:

Objetivo: desvendar a relação de parentesco entre as espécies viventes e propor uma hipótese de árvore filogenética com as cartas recebidas.

Desafio: descobrir quais são os ancestrais de cada clado, gerando uma árvore filogenética/cladograma mais parcimoniosas.

Regras: gerar uma árvore filogenética considerando que as cartas com faixa azul são animais extintos, cartas com faixas verdes são animais viventes e a carta com faixa vermelha é o grupo externo.

Interatividade: cada equipe será formada por quatro jogadores que irão utilizar seus conhecimentos e as nove cartas de um grupo de espécies para formar um cladograma seguindo o princípio da parcimônia.

Mecanismos de feedback para os jogadores: o professor pode analisar a tabela de presença e ausência de caracteres das espécies viventes, podendo discutir se o grupo está indo na direção certa ou não.

3.2 PRODUÇÃO DO MATERIAL FÍSICO

Para a criação do jogo voltado ao ensino investigativo de sistemática filogenética, além de considerar os elementos citados anteriormente, buscou-se criar uma atividade que possa ser aplicada em qualquer situação de infraestrutura da instituição de ensino, logo optou-se por um jogo de cartas seguindo o fundamento da atividade com as máscaras chinesas proposta por Russo *et al.* (2016). Dessa forma, foram escolhidos cinco animais da

fauna matogrossense, são eles: macaco, onça, tatu, jacaré e uma ave, estes foram ilustrados e coloridos com modificações de uma espécie para outra.

Para a impressão do jogo, foram utilizadas cartas para colocar as imagens dos animais, estas apresentam dimensões de 8,25 cm de largura por 11,81 cm de altura, impressas em papel fotográfico, configurando a impressora em alta resolução, e por fim plastificadas. As cartas reproduzem imagens de 45 espécies hipotéticas de macacos, tatus, aves, jacarés e onças e nomes científicos fictícios. Essas espécies se organizam em cinco conjuntos de nove cartas que representam espécies aparentadas cada um com uma característica física, relacionada a coloração em sete pontos diferentes, são eles a cabeça, a cauda, as patas, a barriga, as costas, os olhos e o focinho/bico. As espécies em cada conjunto estão divididas em duas categorias, viventes (cinco) e ancestrais (quatro). As cartas com as espécies viventes foram diferenciadas com uma tarja azul, as cartas com a tarja vermelha correspondem ao grupo externo, e as cartas com as espécies ancestrais já extintas apresentam uma tarja de cor verde e além disso, uma cruz abaixo do nome científico indica que são espécies já extintas.

3.3. CONTEXTUALIZAÇÃO

O conteúdo a ser abordado é o da ancestralidade e descendência, demonstrando que espécies viventes possuem ancestrais, muitas vezes extintos. Santos e Klossa (2012) utilizam a imagem icônica e incorreta evolução dos hominídeos em linha reta e posteriormente em uma árvore filogenética contendo as relações de parentesco baseada em ancestrais comuns. Além disso buscou-se desmistificar o método de construção de árvores utilizando diferentes cores de estruturas dos animais como caracteres, e a partir disso construindo uma tabela para aplicação do método da parcimônia como exemplificado por Russo *et al.* (2016). Buscando-se adequar ao ensino investigativo, dividimos a atividade em duas etapas, 1. criação de hipóteses, e 2. teste de hipóteses.

Para contextualizar o jogo foi criada uma história como forma de envolver os alunos por meio de uma problematização e incentivando a formulação de hipóteses e depois testá-las. O jogo deverá ser introduzido após o estudo sobre a sistemática filogenética no ensino médio, com o objetivo de consolidar os conteúdos estudados e para a aplicação do jogo foi desenvolvida uma sequência didática composta por duas etapas, cada uma delas contendo três momentos.

Esta atividade deverá ser executada por quatro alunos por sessão jogada, eles receberão a questão problema e um grupo de nove cartas. Acredita-se que quatro alunos seja a quantidade ideal de jogadores por grupo pois, de acordo com Boller e Kapp (2018), esse número de participantes permite que os grupos interajam com o conteúdo, os parceiros e com as regras estabelecidas de forma mais próxima. Portanto, quanto maior for a interatividade promovida pelo jogo, maior será o engajamento dos jogadores. Apesar do jogo ser composto por cinco conjuntos contendo nove cartas cada, o professor poderá imprimir conjuntos repetidos caso tenha uma turma maior que vinte alunos.

3.4 APLICAÇÃO DO METODO DA PARCIMÔNIA

Para obter uma árvore filogenética parcimoniosa é preciso seguir alguns passos, o primeiro passo seria, escolher os táxons, que no jogo, pode ser representado pelos nomes científicos das espécies viventes, posteriormente, é preciso determinar as características que parecem ser homologias, em que uma característica informativa parcimoniosa terá no mínimo dois estados, (0) ausentes e (1) presente. Utilizando essas informações, é possível criar uma tabela de caracteres e com a análise dessas características informativas, as árvores filogenéticas vão apresentar diferentes números de etapas, gerando árvores filogenéticas mais parcimoniosas (RUSSO *et al.* 2016).

Ao criar uma árvore filogenética, é necessário fazer o levantamento das apomorfias, depois definir o posicionamento da raiz com base na espécie que representa o grupo externo, e os táxons devem ser agrupados pelas sinapomorfias, ou seja, a condição de um caractere mais recente que outra homóloga já existente compartilhada por um grupo. Após marcar os locais na árvore onde cada espécie apresenta uma característica diferente de seu estado em cada árvore possível, é formada a árvore que melhor descreve as relações evolutivas entre as diferentes espécies viventes (BEAR *et al.*, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO JOGO

As estratégias utilizadas para criação das cartas foram de acrescentar características diferentes em pontos do corpo do animal, mantendo sempre um padrão para os cinco conjuntos diferentes mantendo dessa forma os mesmos resultados esperados para a árvore

filogenética independente do conjunto selecionado para cada grupo de alunos. A Figura abaixo representa a capa com o logo do jogo (Figura 1).



Figura 1: Capa do jogo Ancestralizando

Na figura 2 estão as cartas correspondentes a espécies ancestrais extintas, por isso, apresentam uma cruz abaixo do nome. Aqui, as espécies de onças hipotéticas serão utilizadas como exemplos para a explicação das características do material. A espécie *Panthera browana* não apresenta nenhuma modificação marcada na forma de cores, a espécie *Panthera blacpawiis* tem as patas dianteiras pretas e a ponta do rabo, já a espécie *Panthera taiolblackii* tem apenas a ponta do rabo preta, e a espécie *Panthera snowana* tem pelagem clara, divergindo das demais e não apresenta mais nenhuma modificação marcada na forma de cores e a espécie *Panthera taiolblack* tem apenas a ponta do rabo preta.



Figura 2: Exemplo das cartas que compõem o jogo Ancestralizando do conjunto das onças hipotéticas. Abaixo de cada animal há uma tarja, que nesse caso é verde representando ancestrais.

Na figura 3, as espécies viventes do gênero *Panthera* e uma espécie do gênero *Felinos* marcada como outgroup. A espécie *Panthera freckleswii* possui manchas vermelhas no focinho, já a espécie *Panthera redawa* tem os olhos vermelhos e a ponta do rabo preta, a espécie *Panthera pintbackis* tem a ponta do rabo, as patas dianteiras pretas e o dorso (costas) com pintas vermelhas, já a espécie *Panthera guarethewii* apresenta a ponta do rabo preta, as patas dianteiras pretas e a barriga com pintas vermelhas, a espécie *Felinos terablueiis* corresponde a um gênero diferente com caracteres únicos como corpo azul e cabeça completamente preta.



Figura 3: Exemplo das cartas que compõem o jogo Ancestralizando do conjunto das onças hipotéticas. Abaixo de cada animal há uma tarja, que nesse caso é azul representando viventes do *ingroup* e vermelho para o *outgroup*.

Todas as quarenta e cinco cartas foram nomeadas por nomes científicos seguindo o mesmo padrão, havendo alteração apenas no nome do gênero conforme a espécie de animal que o jogo é composto. Em todas as cartas, incluindo as cartas das onças, os nomes são fictícios, porém latinizados, o macaco é do gênero “*Monkeba*”, o tatu do gênero “*Tutabes*”, o jacaré do gênero “*Aligatures*” e por fim, o gênero criado para a ave é “*Falcones*”. Além

estes outros quatro gêneros correspondem aos outgroups “*Micoles*”, “*Perabelis*”, “*Crocelis*” e “*Arpealis*” respectivamente.

Portanto os nomes de todas as espécies do grupo dos macacos são *Monkeba browana*, *Monkeba blacpawiis*, *Monkeba snowana*, *Monkeba taiolblackii*, representando as espécies ancestrais e *Monkeba freckleswii*, *Monkeba redawa*, *Monkeba pintbackis*, *Monkeba guarethewii*, que são as espécies viventes e a espécie *Micoles terablueiis* que será utilizada como grupo externo. As espécies do grupo dos tatus são *Tutabes browana*, *Tutabes blacpawiis*, *Tutabes snowana*, *Tutabes taiolblackii*, representando as espécies ancestrais e *Tutabes freckleswii*, *Tutabes redawa*, *Tutabes pintbackis*, *Tutabes guarethewii*, são as espécies viventes e a espécie *Tabulesni terablueiis* como grupo externo.

No grupo dos jacarés as espécies ancestrais são *Aligatures browana*, *Aligatures blacpawiis*, *Aligatures snowana*, *Aligatures taiolblackii*, já as espécies viventes são *Aligatures freckleswii*, *Aligatures redawa*, *Aligatures pintbackis*, *Aligatures guarethewii*, e a espécie *Crocolenis terablueiis* que será o grupo externo, o grupo das aves apresentam as espécies *Falcones browana*, *Falcones blacpawiis*, *Falcones snowana*, *Falcones taiolblackii*, representando as espécies ancestrais e *Falcones freckleswii*, *Falcones redawa*, *Falcones pintbackis*, *Falcones guarethewii*, que são as espécies viventes e a espécie *Arpianis terablueiis* como grupo externo.

4.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA - COMO JOGAR

Para introduzir o jogo foi desenvolvida uma proposta de sequência didática composta por duas aulas de uma hora cada. O primeiro momento será composto por três etapas, na primeira o professor precisa identificar quais conhecimentos os alunos têm sobre o assunto e isso poderá ser feito por meio de questionamentos como: O que é um ancestral? Quais são os indícios de que os ancestrais existiram? O que você entende por ancestral comum? O que podemos saber com base nos ancestrais? Como classificamos os seres vivos? Essa primeira etapa tem como objetivos: levantar o conhecimento prévio do aluno sobre ancestralidade; conhecer a importância do estudo dos fósseis e assimilar o conceito de ancestral comum, essa etapa deve durar cerca de 10 minutos.

Por meio dos questionamentos iniciais (Etapa 1) o professor precisa realizar uma breve explicação sobre o método da sistemática filogenética, sendo esta a Etapa 2. É imprescindível que o professor indique que este é um método baseado no conceito de ancestralidade comum, que por meio deste método é possível estudar a evolução das espécies

e estabelecer as relações de parentesco, e que isso pode ser feito utilizando fósseis de espécies ancestrais extintas, observações morfológicas, análises de DNA. O professor poderá apresentar a imagem da árvore filogenética que apresenta as relações entre espécies de animais, como por exemplo o cladograma apresentado por Rosa e Martins (2017) na página 402, (figura 4), representando alguns táxons de vertebrados e características compartilhadas.

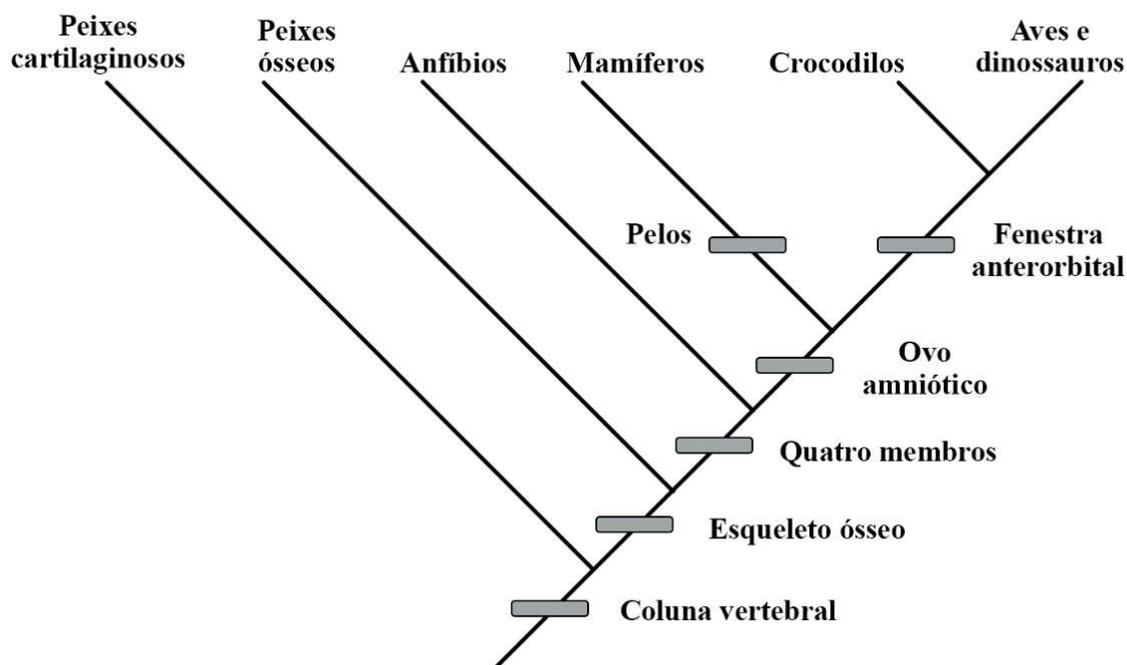


Figura 4. Cladograma apresentado por Rosa e Martins (2017), representando alguns táxons de vertebrados e características compartilhadas.

Nesse momento, o professor pode problematizar dizendo: Qual a característica em comum compartilhada pelos grupos dos anfíbios, mamíferos, crocodilos, aves e dinossauros? Qual a característica exclusiva dos mamíferos? Como podemos denominar essa característica? Que característica diferenciou os peixes cartilagenosos dos peixes ósseos? Dessa forma, o professor pode explicar que as árvores são construídas por meio de características semelhantes entre as espécies, que apresentam ancestrais comuns e desmistificar as interpretações errôneas, além disso, poderá inserir os conceitos de apomorfia, autapomorfia, sinapomorfia e simplesiomorfia, nesse momento é necessário apresentar o conceito de grupo externo. Essa segunda etapa tem como objetivo de levar o aluno a conhecer o princípio da Parcimônia e desconstruir preconceitos, este momento deve durar cerca de 20 minutos.

Ainda nesse primeiro momento, a Etapa 3 consiste no início do jogo em si. Os alunos serão desafiados a propor árvores filogenéticas e apontar os ancestrais que deram origem às espécies viventes com base na sua intuição e observação. Para isso, a turma será

dividida em grupos de quatro alunos, para cada grupo deve ser entregue um conjunto com nove cartas, os alunos poderão utilizar uma cartolina e lápis para desenhar a árvore hipotética. Será feita uma breve explicação de como funciona o jogo (significado das cores nas cartas por exemplo) e para cada grupo será entregue as cartas do jogo, uma cartolina e um pergaminho com as seguintes instruções: “Vocês são cientistas renomados e foram escolhidos para desvendar as relações evolutivas entre estas espécies, utilize todos seus conhecimentos e hipóteses dedutivas para isso. Até o momento sabemos que a tarja vermelha na carta, corresponde a um grupo externo, a tarja verde espécies extintas e tarja azul espécies viventes” (Figura 5).

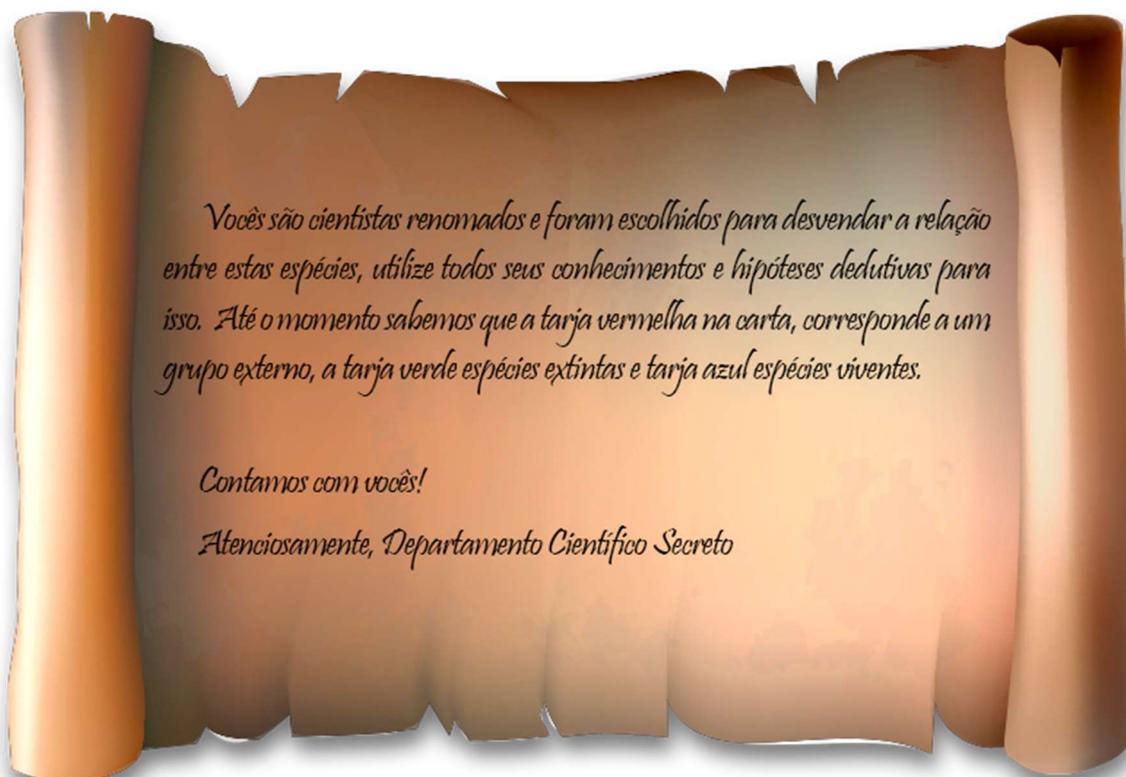


Figura 5: pergaminho com informações iniciais.

Com base na informação recebida, os alunos deverão propor uma hipótese de árvore filogenética (cladograma) de forma empírica com as nove cartas recebidas, posicionando as cartas na árvore de acordo com suas categorias (espécies viventes, espécies extintas e grupo externo). O professor não poderá intervir na proposição das hipóteses. Uma vez finalizada a hipótese, cada grupo deverá fazer registros fotográficos que serão utilizados no segundo momento. Essa terceira etapa tem como objetivos: Estabelecer hipóteses de relações de parentesco com as cartas do jogo e identificar o ancestral que deu origem as espécies viventes, esse momento deve durar cerca de 30 minutos.

O segundo momento é caracterizado pelo teste das hipóteses dos alunos utilizando o método da parcimônia, e será dividido em três etapas. O professor organizará novamente a turma nos mesmos grupos de quatro alunos, e deve entregar para cada grupo o mesmo conjunto com nove cartas utilizado no primeiro momento. Novamente os alunos poderão utilizar uma cartolina e lápis para desenhar a árvore. Na primeira etapa, o professor entregará para cada grupo um papel com a tabela ilustrada na figura 6 impressa (o quadro também pode ser usado em casos de falta de recursos).

A tabela é apresentada em um formato gráfico com uma temática de floresta. No topo, há o título "ANCIENS TRABALHANDO O JOGO". A tabela possui 8 colunas e 6 linhas. A primeira linha define as características a serem observadas em cada coluna. A primeira coluna é reservada para o nome das espécies. As demais linhas são para registrar a presença (1) ou ausência (0) de cada característica.

CARACTERÍSTICAS ESPÉCIES	1 CABEÇA PRETA	2 PINTAS NO FOCINHO OU BICO	3 PONTA DO RABO PRETA	4 OLHOS VERMELHOS	5 PONTAS DAS PATAS PRETA	6 PINTAS NAS COSTAS	7 PINTAS NA BARRIGA
GRUPO EXTERNO (OUTGROUP)							

Figura 6. Tabela de caracteres das espécies viventes.

Na tabela, os grupos deverão marcar o número 1 para a característica presente em determinada espécie e o número 0 para as características ausentes nas espécies (Figura 7). Essa primeira etapa tem como objetivo, testar suas hipóteses, codificando os caracteres presentes nas diferentes espécies, essa atividade deve durar cerca de 20 minutos. Vale ressaltar que a ordem na qual os alunos preencherem os nomes das espécies não fará a diferença nesse momento, no entanto, para formação do cladograma, deve-se considerar o caminho mais curto a ser percorrido, então, se faz necessário seguir a ordem das características.

Características Espécies	1. Cabeça Preta	2. Pintas no focinho ou bico	3. Ponta do rabo preta	4. Olhos vermelhos	5. Pontas das patas preta	6. Pintas nas costas	7. Pintas na barriga
<i>Grupo externo (outgroup) Felinos terablueiis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>A. Panthera freckleswii</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>B. Panthera redawa</i>	0	0	1	1	0	0	0
<i>C. Panthera guarethewii</i>	0	0	1	0	1	1	0
<i>D. Panthera pintbackis</i>	0	0	1	0	1	0	1

Tabela 1: Exemplo da tabela preenchida com os caracteres das espécies de onça viventes.

Na segunda etapa do segundo momento, o professor deve apresentar a turma, tendo como base os dados da tabela eles, como é possível criar um cladograma. Essa etapa é mediada pelo professor, se possível com uma apresentação de slides. A sequência de explicação que o professor deve seguir é apresentada a seguir. Deve-se primeiro considerar o grupo externo e posteriormente, apresentar os caracteres na exata ordem da tabela como apresentado nas figuras 7-13. As árvores apresentadas têm marcações em seus ramos que representam uma característica da espécie (autapomorfias ou sinapomorfias).

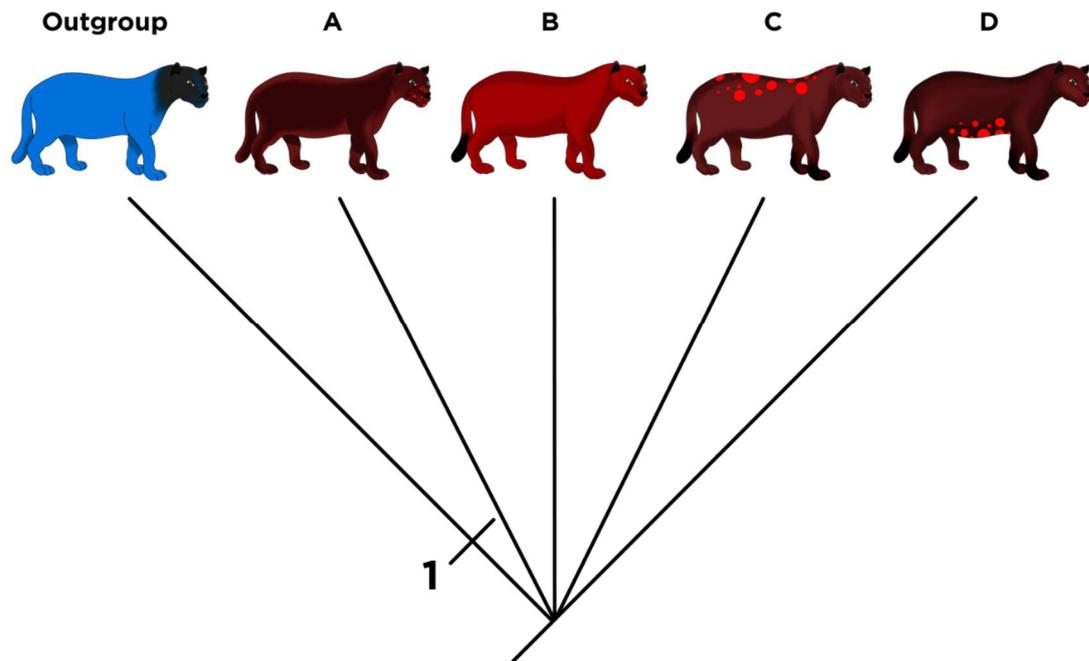


Figura 7. Cladograma representando o caractere (1) cabeça preta que só ocorre no outgroup.

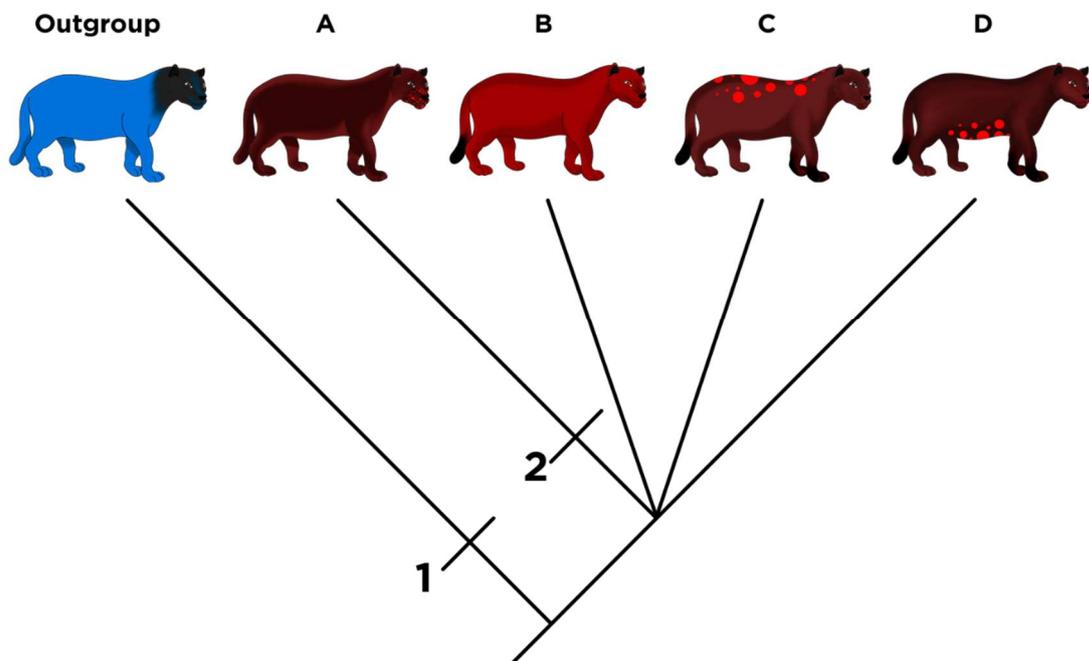


Figura 8. Cladograma representando os caracteres (1) Cabeça preta que só ocorre no outgroup e o caractere (2) Pintas no focinho ou bico que ocorre nas espécies *Panthera freckleswii* (táxon A).

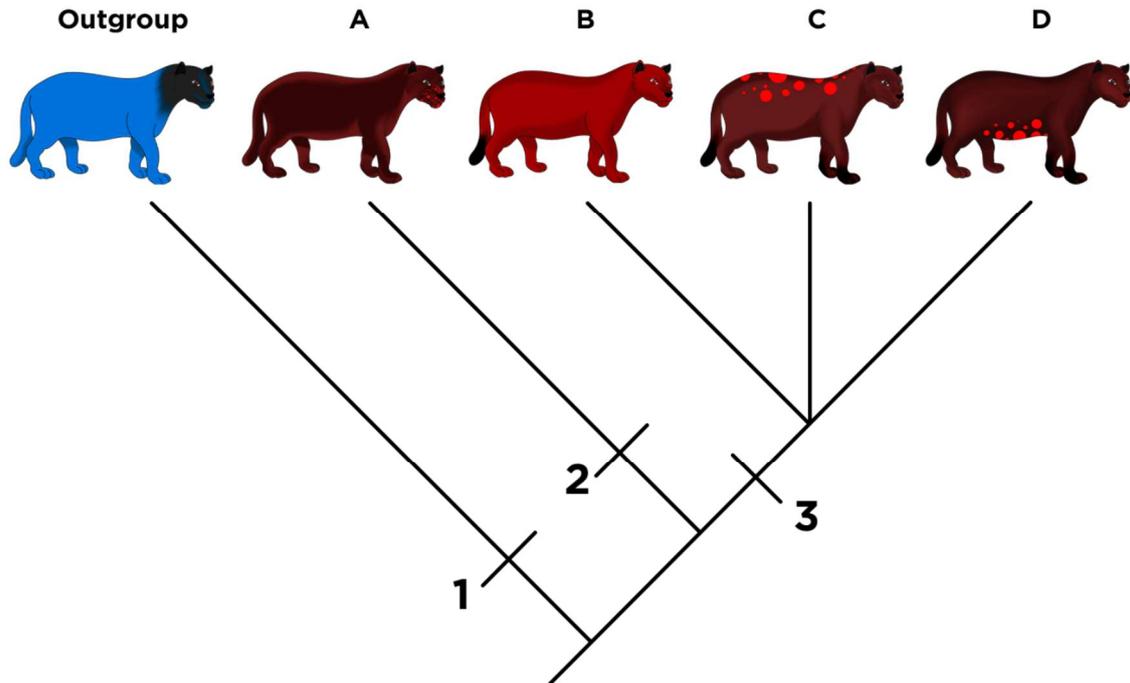


Figura 9. Cladograma representando os caracteres (1) Cabeça preta que só ocorre no outgroup e o caractere (2) Pintas no focinho ou bico que ocorre na espécie *Panthera freckleswii* (táxon A) e o caractere (3) Ponta do rabo preta, comum aos táxons B, C e D.

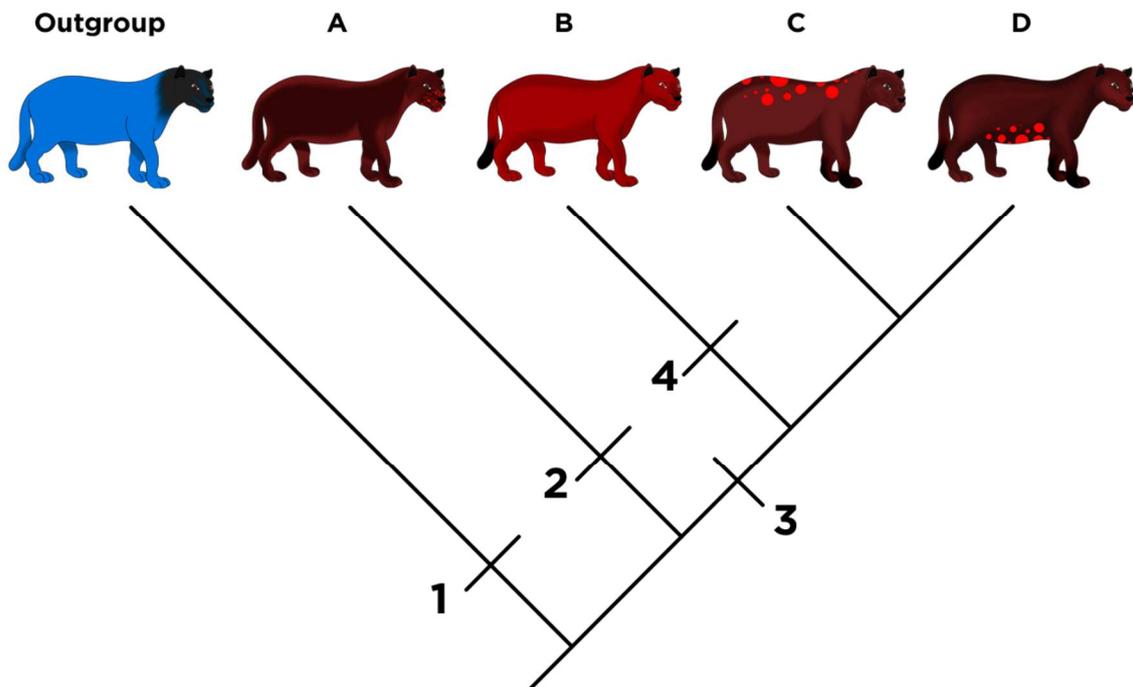


Figura 10. Cladograma representando os caracteres (1) Cabeça preta que só ocorre no outgroup, o caractere (2) Pintas no focinho ou bico que ocorre na espécie *Panthera freckleswii* (táxon A), o caractere (3) Ponta do rabo preta, comum aos táxons B, C e D. O caractere (4) Olhos vermelhos, exclusivo da espécie *Panthera redawa* (táxon B)

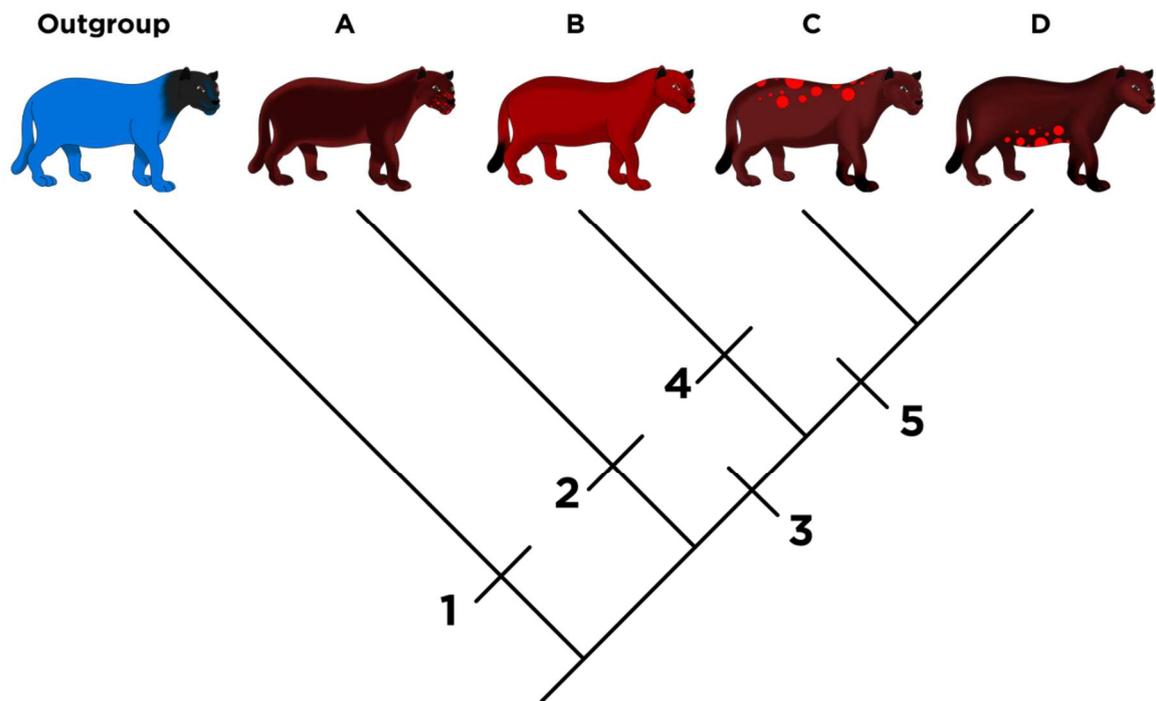


Figura 11. Cladograma representando os caracteres (1) Cabeça preta que só ocorre no outgroup, o caractere (2) Pintas no focinho ou bico que ocorre na espécie *Panthera freckleswii* (táxon A), o caractere (3) Ponta do rabo preta, comum aos táxons B, C e D. O caractere (4) Olhos vermelhos, exclusivo da espécie *Panthera redawa* (táxon B) e o caractere (5) Pontas das patas preta, comum aos táxons C e D.

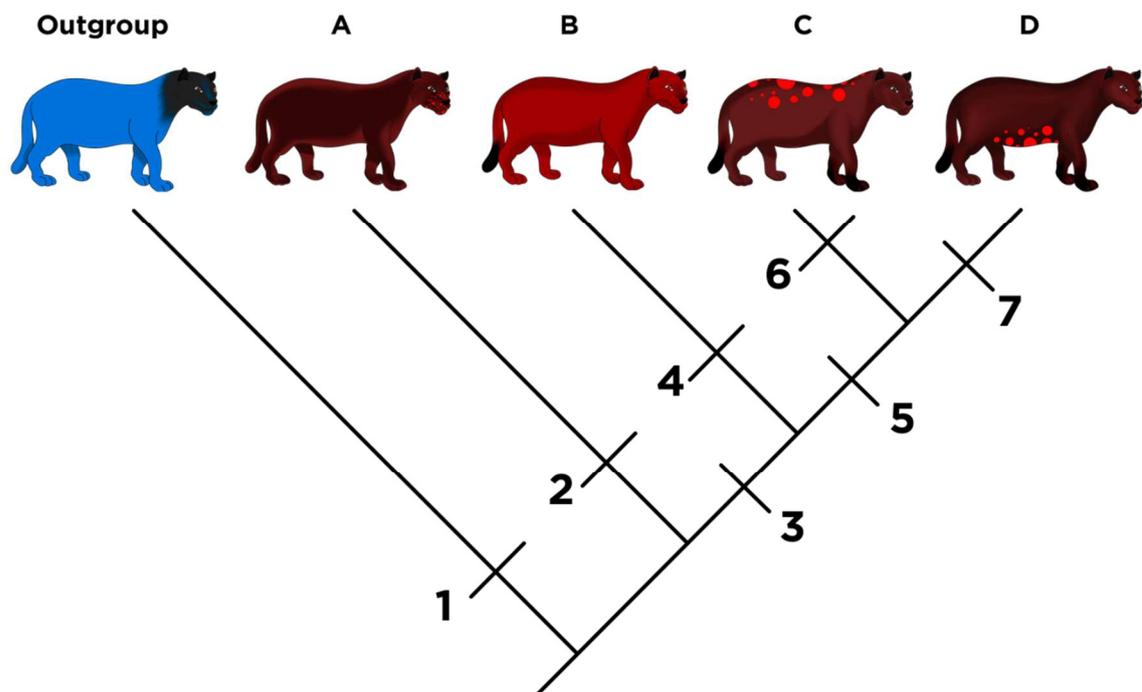


Figura 12. Cladograma representando os caracteres (1) Cabeça preta que só ocorre no outgroup, o caractere (2) Pintas no focinho ou bico que ocorre na espécie *Panthera*

freckleswii (táxon A), o caractere (3) Ponta do rabo preta, comum aos táxons B, C e D. O caractere (4) Olhos vermelhos, exclusivo da espécie *Panthera redawa* (táxon B) e o caractere (5) Pontas das patas preta, comum aos táxons C e D, além dos caracteres (6) Pintas na barriga e (7) Pintas nas costas correspondente as espécies *Panthera pintbackis* e *Panthera guarethewii* (táxon C e D) respectivamente.

Uma vez explicada a construção da árvore para as espécies viventes, para completar o jogo é necessário encaixar todos os ancestrais correspondentes em cada nó. Os quatro ancestrais, devem ser posicionados observando as características comuns (sinapomorfias). Estará correto o cladograma que apresentar a organização igual ao da figura 13. Essa segunda etapa tem como objetivo descobrir quais os ancestrais de cada grupo de espécies viventes por meio de hipóteses dedutivas, observando os caracteres comuns aos subclados, essa etapa deve durar cerca de 15 minutos.

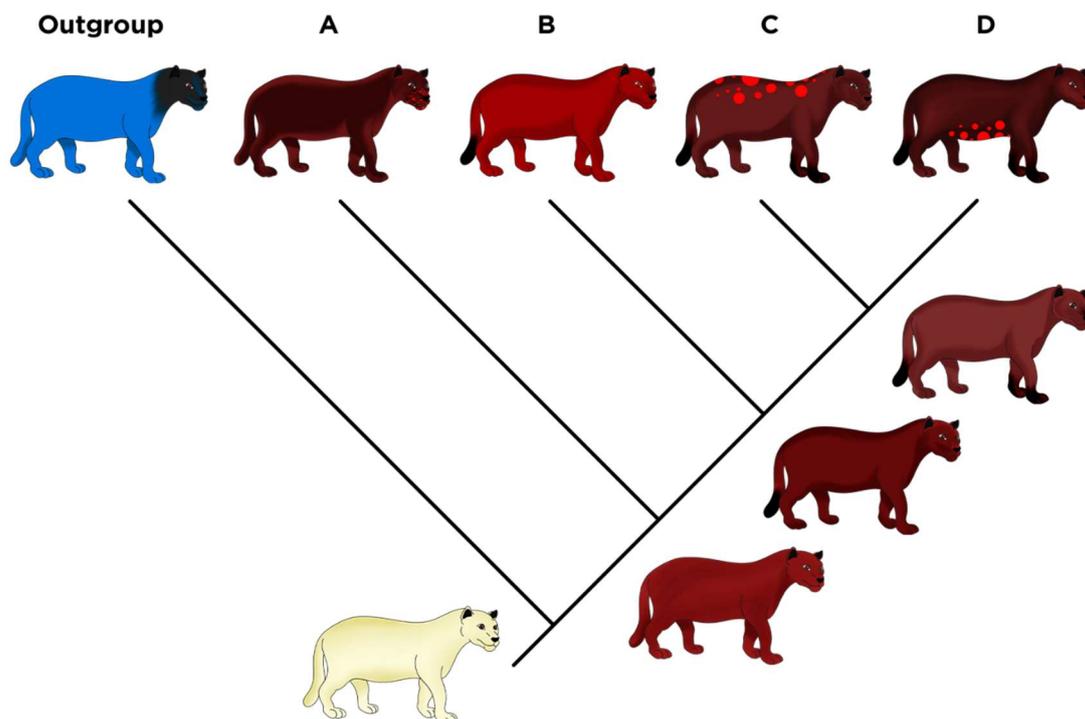


Figura 13. Cladograma representando o outgroup e todas espécies ancestrais e viventes.

Por fim, a Etapa 3 consiste na comparação com a hipótese original de cada grupo, sendo questionados se as hipóteses levantadas inicialmente estavam corretas. Nesse momento, vão corroborar ou refutar as hipóteses inicialmente levantadas. Caso as hipóteses sejam refutas, deve-se questionar qual foi a importância do método científico nessa descoberta. Essa terceira etapa tem como objetivo identificar a utilização do método

científico e sua importância na construção do conhecimento científico em benefício da sociedade como um todo, essa etapa deve durar cerca de 15 minutos.

Por meio da aplicação do jogo Ancestralizando, podemos alcançar a abordagem investigativa no ensino de sistemática filogenética no ensino médio, pois, segundo Sasseron (2015) o ensino por investigação em sala de aula deve propiciar uma atmosfera onde os estudantes resolvam situações problemas, identifique suas causas, utilizem hipóteses dedutivas e sejam capazes de ir além, compreendendo conceitos, divulgando ideias e culminando com construções de modelos. Desse modo, o ensino de sistemática filogenética no ensino médio pode ser significativo com a utilização do produto aqui apresentado.

4.3 SÍNTESE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Na figura 15 está organizada de forma simplificada a sequência didática ideal para a aplicação do jogo Ancestralizando.

	Etapas	objetivos	Tempo estimado	
Primeiro momento	1º etapa: Levantamento do conhecimento prévio dos alunos e introdução a sistemática filogenética	Questionamentos: O que é um ancestral? Quais são os indícios de que os ancestrais existiram? O que você entende por ancestral comum? O que podemos saber com base nos ancestrais? Como classificamos os seres vivos?	Levantar o conhecimento prévio do aluno sobre ancestralidade; conhecer a importância do estudo dos fósseis e assimilar o conceito de ancestral comum	10 minutos
	2º etapa: Introdução ao método sistemática filogenética.	Nesse momento, o professor pode problematizar dizendo: Qual a característica em comum compartilhada pelos grupos dos anfíbios, mamíferos, crocodilos, aves e dinossauros? Qual a	Compreender o conceito de ancestralidade e sua importância na sistemática filogenética;	20 minutos

		<p>característica exclusiva dos mamíferos? Como podemos denominar essa característica? Que característica diferenciou os peixes cartilagosos dos peixes ósseos? Posteriormente explicar sobre o método da sistemática filogenética, método baseado no conceito de ancestralidade comum, por meio deste método é possível estudar a evolução das espécies e estabelecer as relações de parentesco.</p>	Desconstruir pré conceitos.	
	<p>3º etapa: Levantar hipóteses Utilizando as espécies representadas nas cartas do jogo.</p>	<p>Aplicação do jogo Ancestralizando, por meio de uma situação problema</p>	<p>Levantar hipóteses;</p> <p>Estabelecer relações de parentesco com as cartas do jogo;</p> <p>Identificar o ancestral que deu origem as espécies viventes</p>	30 minutos
Segundo momento	<p>1º etapa: Testar as hipóteses levantadas, formando cladograma.</p>	<p>Aplicação do método da parcimônia</p>	<p>Testar suas hipóteses, codificando os caracteres presentes nas espécies diferentes</p> <p>Desvendar as relações de parentesco entre as espécies;</p>	30 minutos
	<p>2º etapa: Relacionar os ancestrais com as espécies viventes.</p>	<p>hipóteses dedutivas</p>	<p>Descobrir quais são os ancestrais das espécies viventes</p>	15 minutos

	3º Comparar os resultados.	A importância do método científico	Corroborar ou refutar as hipóteses levantadas inicialmente; Identificar a importância do método científico na construção do conhecimento	15 minutos
--	-----------------------------------	------------------------------------	---	------------

Figura 15. Sequência didática para aplicação do jogo Ancestralizando.

5. CONCLUSÕES

O ensino de sistemática filogenética no ensino médio apresenta alguns desafios, além do ensino pouco atrativo e diante da falta de material publicado voltado a esse público, somadas as dificuldades formativas dos professores, no entanto, o jogo Ancestralizando, quando aplicado de forma investigativa, possibilitará minimizar estes desafios de ensino desse conteúdo no ensino médio.

O jogo didático ou gamificação no ensino tem se tornado uma ferramenta importante porque além de motivar os alunos na participação das aulas, promove a socialização e o engajamento dos estudantes, fazendo com que os mesmos sejam protagonistas no seu processo de aprendizagem. O jogo Ancestralizando apresenta uma abordagem investigativa, pois, irá envolver o aluno em um mundo capaz de levantar as suas hipóteses, apresenta a possibilidade de testar suas hipóteses e, por fim, consolidar os conhecimentos adquiridos. Aqui, nós sugerimos que, antes de aplicar esse produto, explique os conceitos e faça um breve histórico da sistemática filogenética, para que os alunos obtenham um ensino significativo.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. M.; TEIXEIRA, O. Gamificação e objetos de aprendizagem: contribuições da gamificação para o design de objetos de aprendizagem. In: FADEL, L. M.; et al. Gamificação na educação. São Paulo: **Pimenta Cultural**, 2014. 302 p.

AMORIM, D. S. Fundamentos de sistemática filogenética. Ribeirão Preto, SP, **Editora Holos**, 2002. 153 p.

BARBOZA, W. F.; BRAGA, D. V. V. Jogos didáticos como plataforma de aula: desconstruindo preconceitos no ensino de biologia. INTERNATIONAL JOURNAL EDUCATION AND TEACHING (PDVL) ISSN 2595-2498, Recife, v.3, n.3 p. 137-152, Set./Dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v3i3.156>. Acesso em 24 mai. 2021.

BEAR, R.; RINTOUL, D.; SNYDER, B.; SMITH-CALDAS, M.; HERREN, C.; HORNE, E. Taxonomy and phylogeny. In: **Principles of Biology**. Cap. 4, p. 29-36, 2016. Disponível em: <http://cnx.org/contents/db89c8f8-a27c-4685-ad2a-19d11a2a7e2e@24.18>. Acesso em 6 set. 2021.

BOLER, S.; KAPP, K. Jogar para Aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes. São Paulo: **DVS Editora**, SP, Brasil. Edição do Kindle. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação: Base Nacional Comum Curricular para o ensino médio. Brasília, 2018.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 23 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário oficial da união**, Seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BUSARELLO, R. I.; ULBRICHT, V. R.; FADEL, L. M. A gamificação e a sistemática de jogo: conceitos sobre a gamificação como recurso motivacional. In: FADEL, L. M.; et al. Gamificação na educação. São Paulo: **Pimenta Cultural**, 2014. 302 p.

CABRERA, W. V. A ludicidade para o ensino médio na disciplina de Biologia: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa. 2007. 158 p. **Dissertação**. (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2007.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELICIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Caderno dos Núcleos de Ensino**, São Paulo, SP, p. 47-60, 2003. Disponível em: <http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>. Acesso em: 10 maio 2020.

CONCEIÇÃO, A. R.; MOTA, M. D. A.; BARGUIL, P. M. Jogos didáticos no ensino e na aprendizagem de Ciências e Biologia: concepções e práticas docentes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. 1-26, abr. e165953290, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3290>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/340420050>. Acesso em: 17 nov. 2020.

CORDEIRO, R. S.; MORINI, M. S. C.; FRENEDOZO, R. C.; WUO, M. Abordagem de Sistemática Filogenética com ênfase em Biodiversidade nos Livros Didáticos. **Acta Scientiae**, Canoas, RS, vol. 20, n. 4, p. 610-625, jul./ago. 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/3913>. Acessado em: 15 set. 2020.

COSTA, L.O. A classificação biológica nas salas de aula: modelo para um jogo didático. **Dissertação de Mestrado em Ciências**. Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RJ. 2012. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/6410>. Acesso em: 20 jan. 2021

"

COUTINHO, C.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. “Pensamento em árvore” e o ensino de evolução biológica: percepções de um grupo de professores. **Experiências em Ensino de Ciências**, Santa Maria, RS, vol.14, n.2, p. 395-412, jun. 2019. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID620/v14_n2_a2019.pdf. Acesso em: 7 agos. 2020.

DARWIN, C. R. On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life. London, **Murray**, 1859. 502 p.

DARWIN, C. R. A origem das espécies. FONSECA, E. (Trad.). Rio de Janeiro, **Ediouro**, 2004. 572 p.

EITERER, C. L.; MEDEIROS, Z.; DALBEN, A. I. L. F.; COSTA, T. M. L. Metodologia de pesquisa em ação. Belo Horizonte, MG, **UFMG**, Faculdade de Educação, 2010. 48 p.

HENNIG, W. Phylogenetic systematics. University of Illinois Press, **Urbana**, 1966. 263p.

KLASSA, B.; SANTOS, C. M. D. 50 anos de sistemática filogenética: análise do livro filogenética, primeiros passos e prospecções para o ensino de evolução. **Experiências em Ensino de Ciências**, Santo André, SP, vol.12, n.6, p. 22-34, 2017. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID401/v12_n6_a2017.pdf. Acesso em: 7 agos. 2020.

LAMARCK, J. B. Zoological Philosophy: an exposition with regard to the natural history of animals. ELLIOT, H. (Trad.) Vol. 1. Londres, **MacMillan and Co**, 1914. 520 p.

LARA, P.; et al. Desenvolvimento e aplicação de um jogo sobre interações ecológicas no ensino de biologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, Curitiba-PR, vol. 12, n. 8, p. 261-275, 2017. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID450/v12_n8_a2017.pdf. Acesso em: 10 de agosto de 2020.

LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. 2005. Quantas espécies há no Brasil?. **Megadiversidade**, Campinas-SP vol. 1, n.1, p. 36-42, jun. 2005. https://www.researchgate.net/profile/Thomas-Lewinsohn/publication/271644747_Quantas_especies_ha_no_Brasil/links/5995adb0a6fdcc66b4366758/Quantas-especies-ha-no-Brasil.pdf

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Representação e distorções conceituais do conteúdo “filogenia” em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, MG, v.14, n. 03, p. 149-165, set./dez. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172012000300149&script=sci_arttext. Acesso em: 20 maio 2020.

MCCABE, D. J. Competitive phylogenetics: a laboratory exercise. **American Biology Teacher**, vol. 76, n. 2, p. 127–131, feb. 2014. Disponível em: <https://online.ucpress.edu/abt/article/76/2/127/1653/Competitive-PhylogeneticsA-Laboratory-Exercise>. Acesso em: 10 jun. 2020.

NOBRE, S. B.; FARIAS, M. E. Jogo digital como estratégia para o ensino de biologia evolutiva. **Revista Tecnologias na Educação**, ano 8, v.17, pag. 1-14, dez. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319108754_Jogo_Digital_como_estrategia_para_o_ensino_de_Biologia_Evolutiva . Acesso em: 2 ago. 2020.

PANTOJA, S. Filogenética, primeiros passos. Rio de Janeiro. **Technical Books**. 2016, 87 p.

PORTELA, H. M. B. F.; DEREK R. M. F. S. M.; LUZ, J. W. P. Proposta de Jogo Educacional para o Ensino de Sistemática Filogenética. *In*: SBC – Proceedings of SBGames. **Anais [...]**. XV SBGames, São Paulo, SP, p. 1222-1225, set. 2016. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157679.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2020.

ROSA, J. M.; MARTINS, L. M. Reflexões sobre o ensino da taxonomia e da sistemática filogenética e o desenvolvimento do pensamento abstrato. **Obutchénie: Revista de Didática e Psicologia Pedagógica**, Uberlândia, MG, v.1, n.2, p. 376-410, maio/agos. 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/Obutchenie/article/view/40835>. Acesso em: 11 jun. 2020.

RUSSO, C. M.; ANDRÉ, T. Science and evolution. **Genetics and Molecular Biology**, v. 42, n. 1, p. 120-124, mar./jul. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/gmb/2019ahead/1415-4757-GMB-1678-4685-GMB-2018-0086.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2020.

RUSSO, C. M.; AGUIAR, B.; SELVATTI, A. P. When Chinese Masks Meet Phylogenetics. **The American Biology Teacher**, vol.78, n. 3, p. 241-247, 2016. Disponível em: <https://online.ucpress.edu/abt/article/78/3/241/110095/When-Chinese-Masks-Meet-Phylogenetics>. Acesso em: 10 mai. 2020.

SANTOS, C. M. D. Os dinossauros de Hennig: sobre a importância do monofiletismo para a sistemática biológica. **Scientia e Studia**, vol. 6, n. 2, p. 179-200, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662008000200003. Acesso em: 10 mai. 2020.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética –II. **Ciência & Ensino**, vol. 2, n. 1, dez. 2007. Disponível em: <http://143.0.234.106:3537/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/99/130>. Acesso em: 1º mai. 2020.

SANTOS, C. M. D.; KLASSA, B. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. **Educação: Teoria e Prática**, Rio Claro, SP, vol. 22, n. 40, p. 62-81, maio/ago. 2012.

SANTOS, C. M. D.; KLASSA, B. Sistemática filogenética hennigiana: revolução ou mudança no interior de um paradigma? **Scientia e studia**, São Paulo, vol. 10, n. 3, p. 593-612, nov. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-31662012000300008&script=sci_arttext. Acesso em: 11 jun. 2020.

SASSERON, L. H. alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, MG, vol.17 n. especial, p. 49-67, nov. 2015.

SILVA, J. G. Plataforma para criação de jogos educativos para usuários não-experientes. 2016. 119 p. **Dissertação**. (Mestre Profissional em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, M. I. O.; PESCE, L.; NETTO, A. V. Aplicação de sala de aula invertida para o aprendizado de língua portuguesa no ensino médio de escola pública. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, Campinas, SP, vol. 5, n. 1, p. 100-119, dez. 2018.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (abp): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, vol. 5, p. 182-200, set. 2015. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2880>. Acesso em: 8 jul. 2020.

TUIMALA, J. Phylogenetics exercise using inherited human traits. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, vol. 34, n. 4, p. 300–304, Jan. 2006. Disponível em: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bmb.2006.494034042634>. Acesso em 10 mai. 2020.

APENDICÊ

Produto educacional desenvolvido por meio do Mestrado Profissional em ensino de biologia, Campus UFMT, com apoio da da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MATO GROSSO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE BIOLOGIA – PROFBIO
UFMT**



**PRODUTO EDUCACIONAL
ANCESTRALIZANDO, O JOGO**

**ROSIVANIA DE QUEIROZ RIBEIRO
EDLLEY MAX PESSOA DA SILVA**

**CUIABÁ – MT
2022**



AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.

À Deus, por todas as vitórias ao longo desses anos de curso;

À Universidade Federal de Mato Grosso ao Instituto de Biociências;

Ao PROFBIO UFMT;

Ao orientador Dr. Edley Max Pessoa da Silva, por toda paciência, seriedade e dedicação ao me conduzir nesse percurso tão difícil.

À Seduc-MT, a Escola Estadual Alice Barbosa Pacheco e Escola Estadual Antônio Gomes Primo, por entender o quão importante foi esse período para minha formação profissional;

À Banca Examinadora, nas pessoas dos professores Dra. Daniela Cristina Ferreira (PROFBIO/UFMT), Dr. Lucas Cardoso Marinho (UFMA), pelas contribuições;

Ao corpo docente do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da UFMT; Aos colegas de curso e de trabalho;

À minha Família, em especial minha mãe, que a todo momento me mostra que por mais que haja problemas, é necessário sempre se manter forte e determinada, ao meu companheiro Andrey Ricardo Refati, por sempre estar ao meu lado me apoiando, aos meus filhos, Anthony de Queiroz Refati e Ana Helena de Queiroz Refati, que são minhas fontes de amor;

Ao autor das artes que compõem o jogo Leonardo Ricardo Rondon Silva.

Enfim, a todos meus colegas que contribuíram direta ou indiretamente, na construção deste trabalho.

ANCESTRALIZANDO O JOGO

APRESENTAÇÃO

Caro (a) Professor (a),

O presente material pedagógico é um produto educacional da dissertação intitulada “Ancestralizando: Uma atividade lúdica para o ensino de sistemática filogenética no ensino médio” do programa de pós-graduação, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO – UFMT.

Este produto educacional tem como objetivo propor uma atividade prática, em formato de jogo didático, para ser utilizado no ensino médio, trabalhando o conteúdo da sistemática filogenética tendo como temas: 1. Ancestralidade e 2. Construção de árvores filogenéticas.

A sistemática filogenética também conhecida como cladística, é a ciência que estuda as representações gráficas capazes de levantar hipóteses sobre as relações de parentesco entre os seres vivos (as filogenias). Seus resultados permitem estabelecer classificações taxonômicas baseadas na história evolutiva dos seres vivos (SANTOS; KLASSA, 2012). Aproximar os educandos da sistemática filogenética é fundamental para o entendimento da evolução e da biologia como um todo, e isso pode ser realizado desmistificando conceitos por meio deste jogo.

Por meio da aplicação do jogo Ancestralizando, você poderá aplicar a abordagem investigativa no ensino de sistemática filogenética no ensino médio, pois, segundo Sasseron (2015) o ensino por investigação em sala de aula deve propiciar uma atmosfera onde os estudantes resolvam situações problemas, identifique suas causas, utilizem hipóteses dedutivas e sejam capazes de ir além, compreendendo conceitos, divulgando ideias e culminando com construções de modelos. Além disso, utilizando a sequência didática aqui apresentada, o professor levará os alunos a percorrer todos os passos do método científico: observação, pergunta, formulação de hipóteses, experimentação, análise, conclusão e divulgação. Desse modo, o ensino de sistemática filogenética no ensino médio pode ser significativo com a utilização do produto aqui apresentado.

ANCESTRALIZANDO O JOGO

Prezado (a) Professor (a)

O presente produto deve ser aplicado após o estudo sobre sistemática filogenética no ensino médio, com o objetivo de fixar os conteúdos estudados apresentando uma abordagem investigativa, de forma que o aluno irá conhecer e vivenciar o método científico, aprendendo de forma prazerosa.

A seguir será apresentado as informações do jogo e uma SD (Sequência didática) para a aplicação do jogo Ancestralizando.

Toda vez que aparecer este balão, é uma informação essencial para aplicação do jogo. Fique atento (a).

Recursos básicos

- ✓ Cartas do jogo impressas
- ✓ Cartolinas
- ✓ Réguas
- ✓ Lápis e borrachas

Agradecemos pela aplicação do nosso produto e desejamos sucesso!

Ficaremos felizes se quiser registrar este momento e compartilhar conosco nos marcando no Instagram @rosiiqueiroz, @profbio.ufmt e @edlley_pessoa

ANIMALES TRABALHANDO

O JOGO



ANCESTRALIZANDO O JOGO

O jogo Ancestralizando apresenta os seguintes elementos:

Objetivo: desvendar a relação de parentesco entre estas espécies viventes, propondo uma hipótese de árvore filogenética com as cartas recebidas.

Desafio: descobrir quais eram os ancestrais de cada clado, produzindo uma árvore filogenética/cladograma mais parcimoniosa.

Regras: Produzir uma árvore filogenética considerando que as cartas com faixa azul são animais extintos, cartas com faixas verdes são animais viventes e a carta com faixa vermelha é o grupo externo.

Interatividade: cada equipe será formada por quatro jogadores que irão utilizar seus conhecimentos e as nove cartas de um grupo de espécies para formar um cladograma seguindo a método da parcimônia.

Mecanismos de feedback: o professor pode analisar a tabela de presença e ausência de caracteres das espécies viventes, podendo discutir se o grupo está se saindo bem ou mal, corrigindo junto ao grupo, caso necessário.

Primeiro Momento

Etapas	Objetivos	Tempo estimado
<p>1º etapa: Levantamento do conhecimento prévio dos alunos e introdução a sistemática filogenética</p>	<p>Questionamentos: O que é um ancestral? Quais são os indícios de que os ancestrais existiram? O que você entende por ancestral comum? O que podemos saber com base nos ancestrais? Como classificamos os seres vivos?</p>	<p>Levantar o conhecimento prévio do aluno sobre ancestralidade;</p> <p>Conhecer a importância do estudo dos fósseis e assimilar o conceito de ancestral comum.</p> <p>10 minutos</p>
<p>2º etapa: Introdução ao método da sistemática filogenética.</p>	<p>Nesse momento, o professor pode problematizar dizendo: Qual a característica em comum compartilhada pelos grupos dos anfíbios, mamíferos, crocodilos, aves e dinossauros? Qual a característica exclusiva dos mamíferos? Como podemos denominar essa característica? Que característica diferenciou os peixes cartilagosos dos peixes ósseos? Posteriormente explicar sobre o método da sistemática filogenética, método baseado no conceito de ancestralidade comum, por meio deste método é possível estudar a evolução das espécies e estabelecer as relações de parentesco.</p>	<p>Compreender o conceito de ancestralidade e sua importância no método da sistemática filogenética;</p> <p>Desconstruir pré conceitos.</p> <p>20 minutos</p>
<p>3º etapa: Levantar hipóteses Utilizando as espécies representadas nas cartas do jogo.</p>	<p>Aplicação do jogo Ancestralizando, por meio de uma situação problema (figura 1)</p>	<p>Levantar hipóteses;</p> <p>Estabelecer relações de parentesco com as cartas do jogo;</p> <p>Identificar o ancestral que deu origem as espécies viventes.</p> <p>30 minutos</p>

Este é um tempo sugerido, mas você poderá adaptar de acordo com sua realidade.

Nessa etapa você deverá explorar a figura (1) que apresenta um Cladograma com características de alguns táxons de vertebrados. Se necessário utilize um projetor.

Após finalizar essa etapa, peça para que os alunos tirem fotos dos cladogramas

Nessa etapa, deixe a figura (1) em exposição, divida a turma em grupos de 4 alunos, entregue as cartas, uma cartolina, uma régua e a figura (2) que contém as informações do desafio.

Segundo Momento

Etapas	objetivos	Tempo estimado
<p>1º etapa: Testar as hipóteses levantadas, formando Cladograma.</p> <p>Agora entregue aos alunos a figura (3) que é um quadro de características das espécies viventes, ou passe no quadro.</p>	<p>Aplicação do método da sistemática filogenética e parcimônia.</p> <p>Existe um método ou experimento para testar suas hipóteses? Qual é este método e como aplicá-lo?</p>	<p>Testar suas hipóteses, codificando os caracteres presentes nas diferentes espécies</p> <p>Desvendar as relações de parentesco entre as espécies;</p> <p>30 minutos</p>
<p>2º etapa: Relacionar os ancestrais com as espécies viventes.</p>	<p>Hipóteses dedutivas Quais são os ancestrais que deram origem a cada espécie vivente? Como podemos descobrir quais eram estes ancestrais?</p>	<p>Descobrir quais são os ancestrais das espécies viventes</p> <p>15 minutos</p> <p>Aqui os alunos já vão ter construído o cladograma e deverão encaixar as espécies ancestrais.</p>
<p>3º etapa: Comparar os resultados.</p> <p>Nessa etapa, oriente os alunos a comparar a foto do Cladograma fotografado inicialmente com o Cladograma baseado no método da Parcimônia</p>	<p>Com base no Cladograma formado por meio da aplicação do método sistemática filogenética e parcimônia, você refuta ou corrobora as hipóteses inicialmente levantadas? Qual a importância do método científico utilizado?</p>	<p>Corroborar ou refutar as hipóteses levantadas inicialmente;</p> <p>Identificar a importância do método científico na construção do conhecimento;</p> <p>Socializar os resultados</p> <p>15 minutos</p> <p>Se preferir poderá pedir para os alunos organizar uma apresentação em forma de seminário em uma próxima aula.</p>

Essa é a imagem (figura 1) sugerida para ser utilizada nas 2º e 3º etapas do primeiro momento

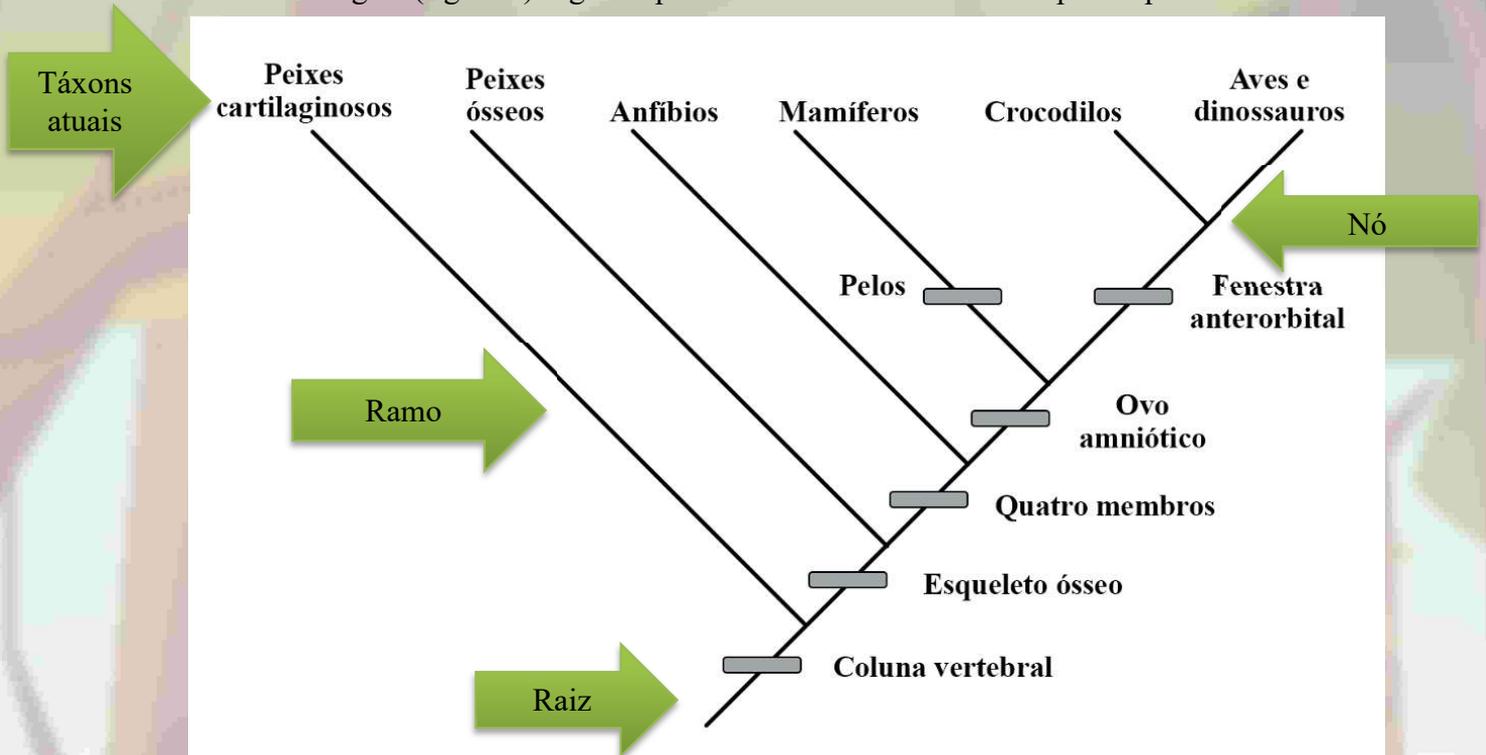


Figura 1. Cladograma apresentado por Rosa e Martins (2017), representando alguns táxons de vertebrados e características compartilhadas.

Vocês são cientistas renomados e foram escolhidos para desvendar a relação entre estas espécies, utilize todos seus conhecimentos e hipóteses dedutivas para isso. Até o momento sabemos que a tarja vermelha na carta, corresponde a um grupo externo, a tarja verde espécies extintas e tarja azul espécies viventes.

Contamos com vocês!

Atenciosamente, Departamento Científico Secreto

Figura 2. Pergaminho com as informações necessárias, para ser entregue aos alunos na 3ª etapa do primeiro momento.

Professor, o quadro a seguir apresenta as características que contêm as cartas e o local para que o aluno possa escrever o nome das espécies. Este quadro deve ser impresso e entregue aos alunos na 1ª etapa do segundo momento. Caso o professor não tenha como imprimir, pode ser passado na lousa para que os alunos façam no caderno.

CARACTERÍSTICAS ESPÉCIES	1 CABEÇA PRETA	2 PINTAS NO FOCINHO OU BICO	3 PONTA DO RABO PRETA	4 OLHOS VERMELHOS	5 PONTAS DAS PATAS PRETA	6 PINTAS NAS COSTAS	7 PINTAS NA BARRIGA
GRUPO EXTERNO (OUTGROUP)							

Figura 3. Quadro de características das espécies viventes.

Para preencher este quadro, peça para os alunos colocarem o nome das espécies viventes, observar a imagem nas cartas e marcar no quadro (0) para característica ausente e (1) para a característica presente. Professor, caso necessário, observe o quadro preenchido na próxima página.

Com base nos dados do quadro, os alunos vão formar um Cladograma, seguindo a ordem das características.

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

CARACTERÍSTICAS ESPÉCIES	1 CABECA PRETA	2 PINTAS NO FOCINHO OU BICO	3 PONTA DO RABO PRETA	4 OLHOS VERMELHOS	5 PONTAS DAS PATAS PRETA	6 PINTAS NAS COSTAS	7 PINTAS NA BARRIGA
GRUPO EXTERNO (OUTGROUP)	1	0	0	0	0	0	0
A. Panthera freckleswii	0	1	0	0	0	0	0
B. Panthera redawa	0	0	1	1	0	0	0
C. Panthera guarethewii	0	0	1	0	1	1	0
D. Panthera pintbackis	0	0	1	0	1	0	1

Figura 4. Quadro de características das espécies viventes preenchido.

No preenchimento do quadro, não importa a ordem em que os alunos colocarem o nome das espécies, o importante é marcar as características corretamente.

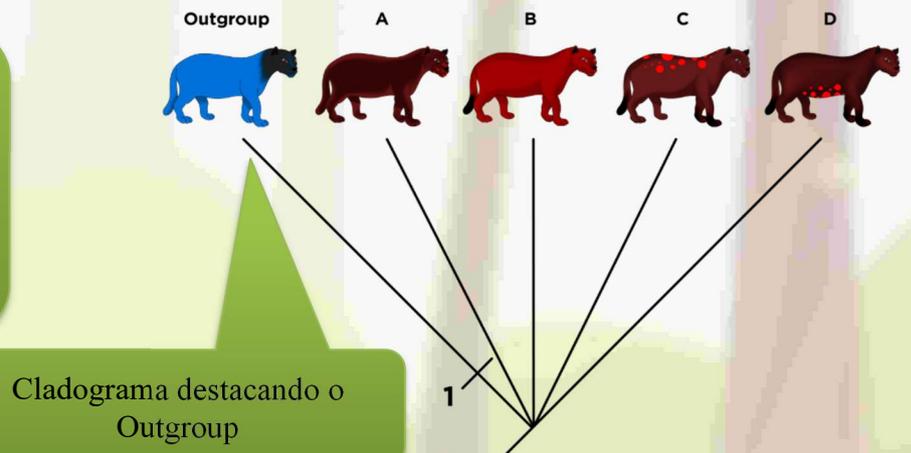


Figura 5. Cladograma das espécies vivente, característica 1 (cabeça preta)

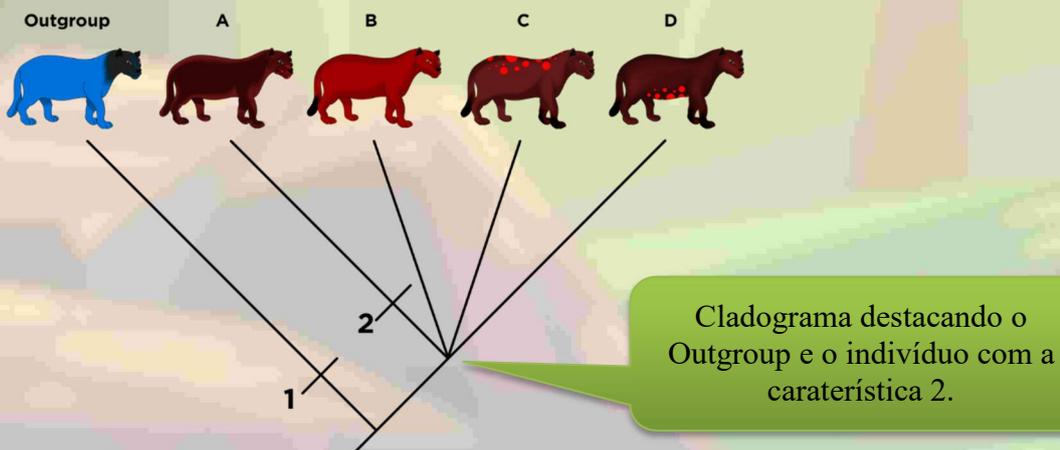


Figura 6. Cladograma das espécies vivente, característica 2 (pintas no focinho)

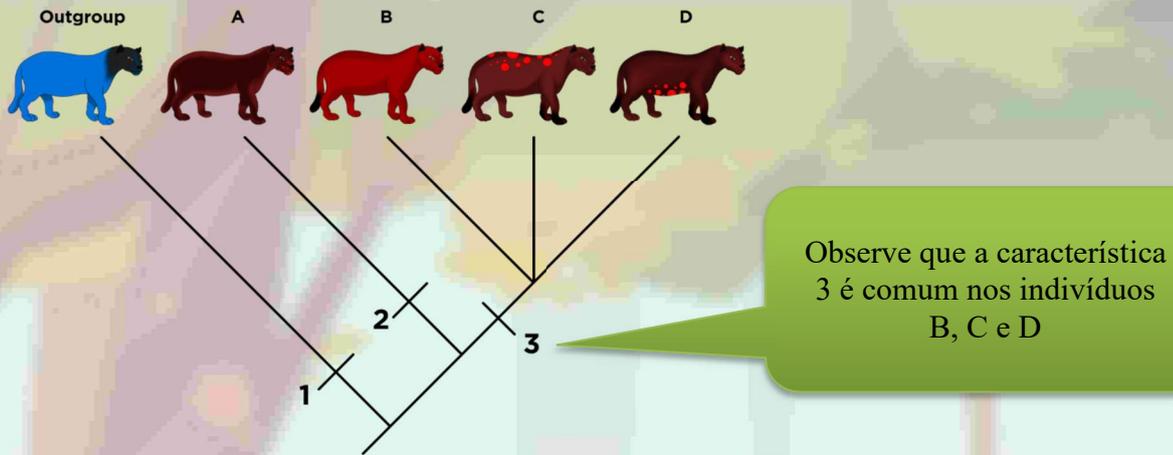


Figura 7. Cladograma representando os caracteres (1- cabeça preta), o caractere (2- pintas no focinho) e o caractere (3- ponta do rabo preta).

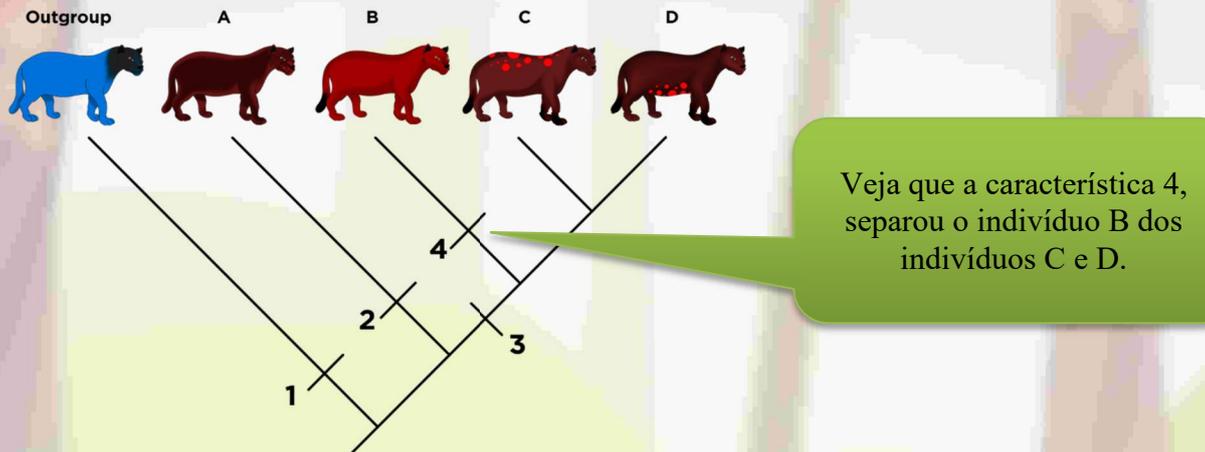


Figura 8. Cladograma representando os caracteres 1 (cabeça preta), o caractere 2 (pintas no focinho), caractere 3 (ponta do rabo preta) e o caractere 4 (olhos vermelhos).

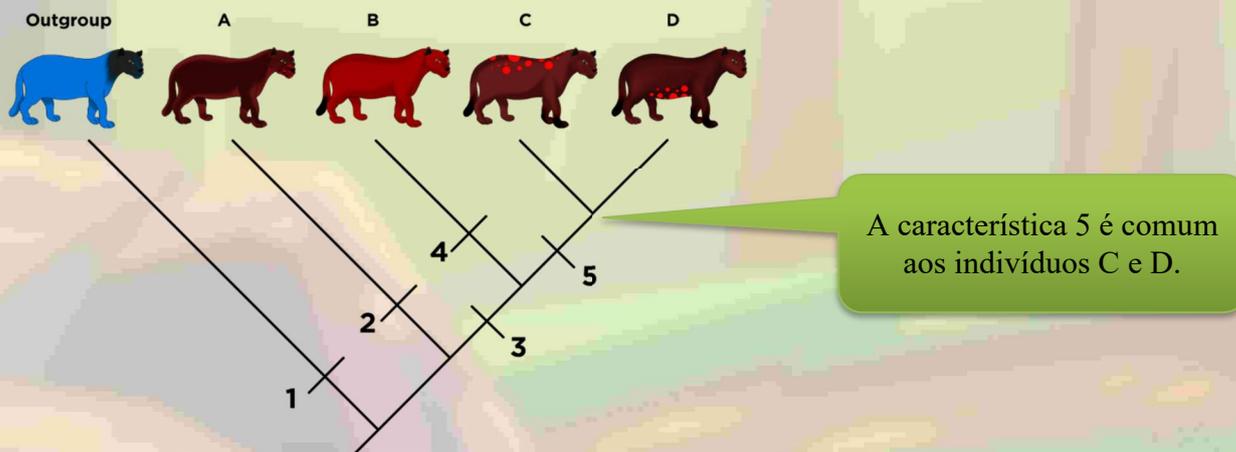
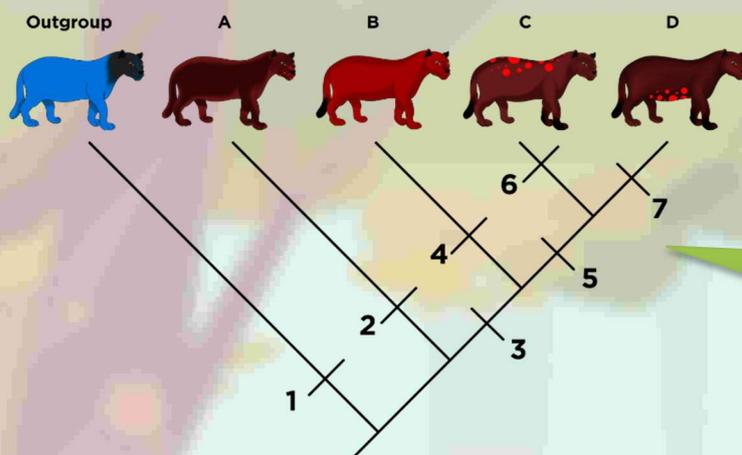
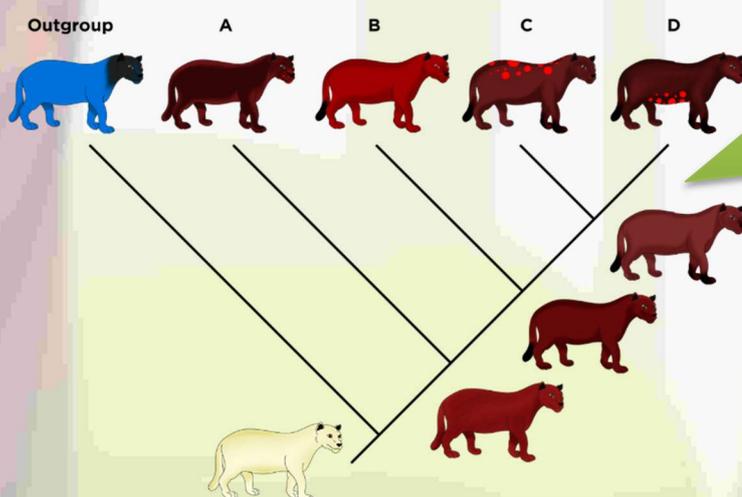


Figura 9. Cladograma representando os caracteres 1 (cabeça preta), o caractere 2 (pintas no focinho), caractere 3 (ponta do rabo preta), caractere 4 (olhos vermelhos) e o caractere 5 (pontas das patas pretas)



O cladograma está completo com todos os indivíduos viventes.

Figura 10. Cladograma representando os caracteres 1 (cabeça preta), o caractere 2 (pintas no focinho), caractere 3 (ponta do rabo preta), caractere 4 (olhos vermelhos), caractere 5 (pontas das patas pretas), caractere 6 (pintas nas costas) e o caractere 7 (pintas na barriga).



Para descobrir quais são os ancestrais que deram origem a cada indivíduo, basta observar as características de cada um e encaixar no cladograma.

Figura 11. Cladograma representando o outgroup e todas espécies ancestrais e viventes.

Agora, os alunos precisam apenas, observar a imagem do cladograma feito inicialmente com o cladograma final e comparar, assim, eles poderão validar suas hipóteses ou descartá-las.

CONCEITOS BÁSICOS EM SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

- **Apomorfia:** é a condição de um caractere mais recente (derivada) que outra homóloga já existente, pela qual se originou (ancestral).
- **Autapomorfia:** é a condição derivada, restrita a um grupo que não é compartilhado.
- **Caráter:** modificações ocorridas em táxons, podem ser morfológicas, anatômicas, bioquímicas, moleculares e que podem ser modificadas na descendência, apresentando variações, que poderão, ser herdadas nas próximas gerações.
- **Clado:** grupo que possui a informação completa da história evolutiva de um grupo, por meio de um ancestral em comum e todos os seus descendentes. Sinônimo de grupo monofilético.
- **Cladograma:** São formas em diagrama que indica as relações de parentesco filogenético entre táxons terminais.
- **Espécie ancestral:** Espécie que deu origem a dois ou mais táxons. Estes ancestrais aparecem nos cladogramas como hipóteses na forma dos nós.
- **Espécie vivente:** são aquelas que vivem atualmente, representadas por terminais.
- **Filogenia:** ferramenta da sistemática filogenética utilizada para inferir a história evolutiva das diferentes espécies de seres vivos que partilham as relações de parentesco entre as espécies ancestrais.
- **Grado:** grupo não-monofilético, podendo ter um mesmo ancestral, mas não incluindo todos os descendentes. Ou incluir todos os descendentes, mas não o ancestral.
- **Grupo externo:** grupo ou espécie relacionada, mas que não pertence a um grupo teoricamente monofilético. Utilizado em uma análise filogenética.
- **Grupo monofilético:** grupo que possui a informação completa da história evolutiva, por meio de um ancestral em comum, é composto por todos descendentes desse ancestral, compartilhando as características exclusivas provenientes do processo evolutivo, as sinapomorfias. Sinônimo de clado.
- **Grupo parafilético:** grupo que possui a informação incompleta da história evolutiva. Possui um ancestral comum, no entanto, não inclui todos os descendentes desse ancestral. Também chamado de não-monofilético.
- **Grupo polifilético:** grupo que possui a informação incompleta da história evolutiva. Inclui pelo menos duas origens evolutivas diferentes que apresentam características similares. Também chamado de não-monofilético.

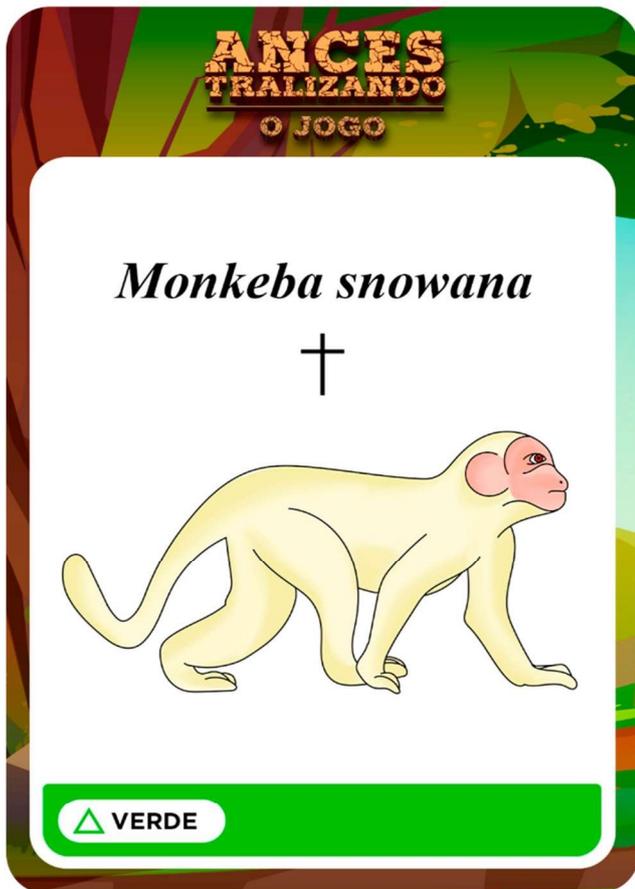
- **Homologia:** é a similaridade (ou equivalência) entre estruturas de espécies diferentes que partilham um ancestral comum com essa mesma estrutura.
- **Nó:** conexão entre dois ramos, representa um ancestral comum, e o evento de cladogênese.
- **Parcimônia:** o caminho mais curto para representar uma hipótese filogenética.
- **Parcimônia:** o caminho mais curto para representar uma hipótese filogenética.
- **Plesiomorfia:** é a condição de um caractere mais antiga, preexistente (ancestral), em uma série de transformação.
- **Ramos:** caminho que representa um grupo de seres vivos sem eventos de cladogênese.
- **Sinapomorfia:** é a condição de um caractere mais recente que outra homóloga já existente compartilhada por um grupo.
- **Táxon:** espécie, ou grupo de espécies (gênero, família, ordem, etc.) representados por um clado, ou seja, qualquer uma das categorias hierárquicas lineares,

Cartas do jogo



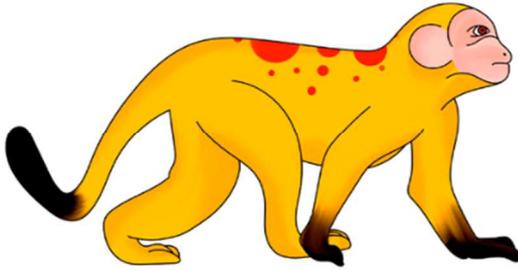






ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

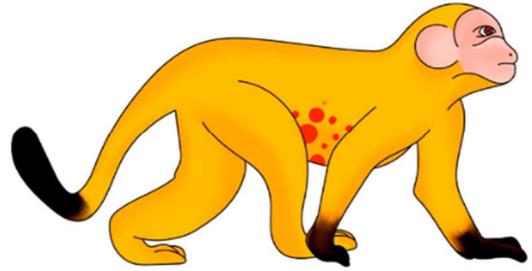
Monkeba pintbackis



X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

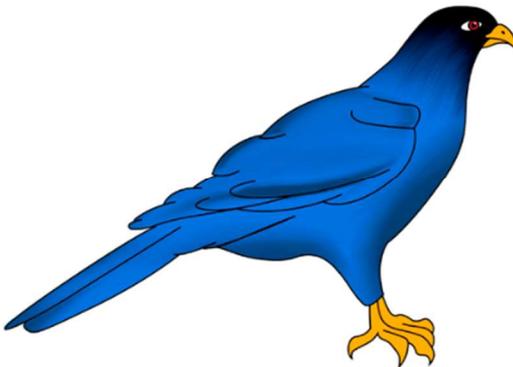
Monkeba guarethewii



X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

Arpianis terablueiis

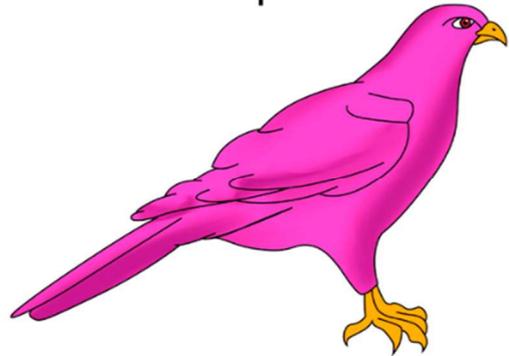


O VERMELHO

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

Falcones browana

+



△ VERDE



ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

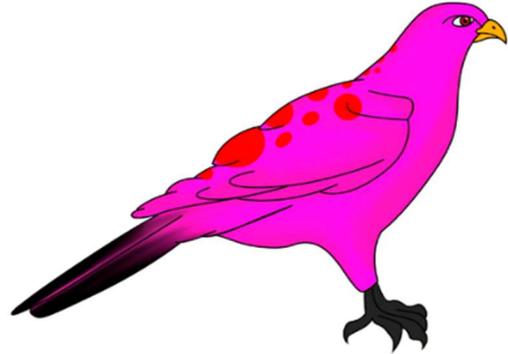
Falcones redawa



X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

Falcones pintbackis



X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

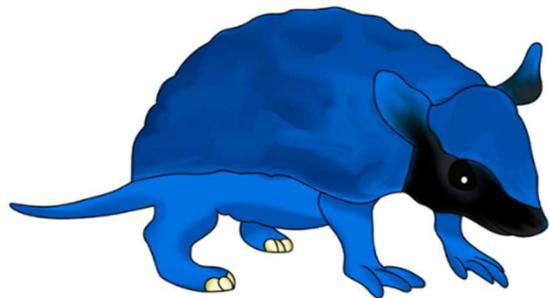
Falcones guarethewii



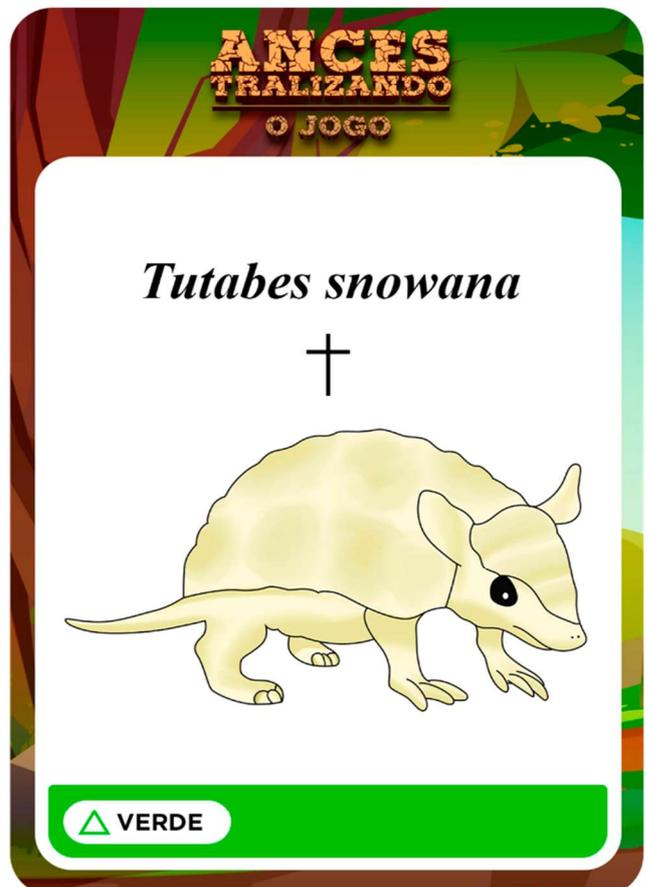
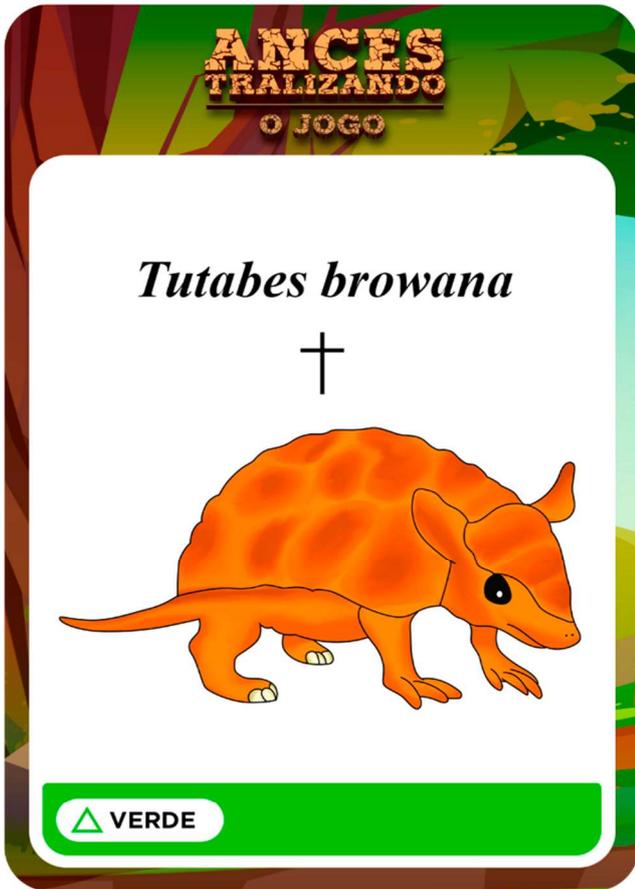
X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

Tabulesni terablueiis

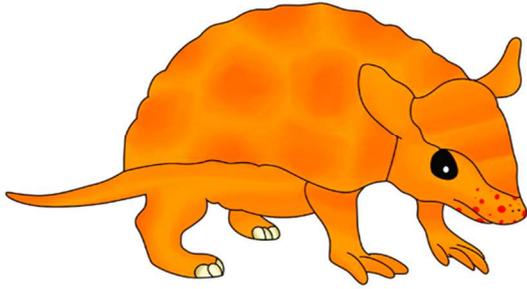


O VERMELHO



ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

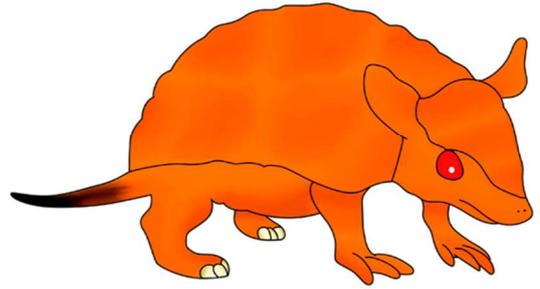
Tutabes freckleswii



X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

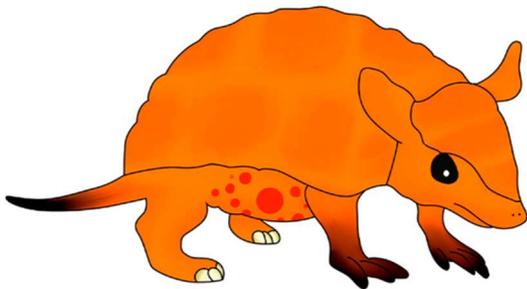
Tutabes redawa



X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

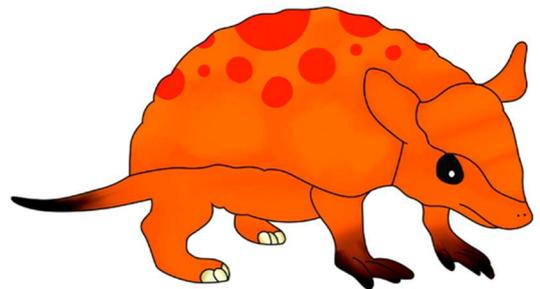
Tutabes pintbackis



X AZUL

ANCES
TRALIZANDO
O JOGO

Tutabes guarethewii



X AZUL

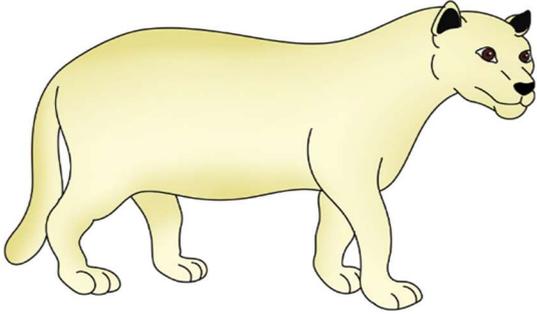




ANDES
TRALIZANDO
O JOGO

Panthera snow

†



△ VERDE

Vocês são cientistas renomados e foram escolhidos para desvendar a relação entre estas espécies, utilize todos seus conhecimentos e hipóteses dedutivas para isso. Até o momento sabemos que a tarja vermelha na carta, corresponde a um grupo externo, a tarja verde espécies extintas e tarja azul espécies viventes.

Contamos com vocês!

Atenciosamente, Departamento Científico Secreto

