



O JOGO À LUZ DA EVOLUÇÃO: UMA ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO NAS ESCOLAS

ALEXANDRE DE SOUZA AIRES



ORIENTADORA: CLAUDIA AUGUSTA DE MORAES RUSSO

Dissertação de mestrado submetida ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Mestre em Ensino de Biologia.

Ficha Catalográfica

Aires, Alexandre de Souza

O jogo à luz da evolução: uma estratégia para o ensino de evolução nas escolas. / Alexandre de Souza Aires. – Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Biologia, 2019.

140 f.: il.; 31 cm.

Orientadora: Cláudia Augusta de Moraes Russo.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Biologia. / Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - ProfBio, 2019.

Referências: f.131-144.

1. Biologia- educação. 2. Ensino de Ciências. 3. Jogos pedagógicos. 4. Evolução Biológica. 5. ProfBio Nacional - Tese. I. Russo, Cláudia Augusta de Moraes. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Biologia, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - ProfBio. III. O jogo à luz da evolução: uma estratégia para o ensino de evolução nas escolas.

Essa dissertação foi desenvolvida no Departamento de Genética da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, RJ, Brasil), sob orientação da Dra. Claudia A. M. Russo, com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES).

Sumário

Agradecimentos	vi
Relato	vii
Resumo	ix
Abstract	x
1. Introdução	11
1.1. A importância e a definição de evolução	13
1.2. O pensamento evolutivo até Aristóteles	17
1.3. O pensamento evolutivo de Epicuro até Lyell	14
1.4. O pensamento evolutivo de Lamarck a Mendel	23
1.5. A teoria sintética da evolução e o cenário atual	38
1.6. Os movimentos de pseudo-ciência	40
1.7. O ensino de evolução nas escolas brasileiras	42
1.8. Os jogos como ferramentas didáticas	43
1.9. O ensino investigativo como ferramenta didática	47
2. Objetivos	50
2.1. Objetivo geral	50
2.2. Objetivos específicos	50
3. Metodologia	51
3.1. A pré-história do jogo À luz da evolução	51
3.2. A base conceitual do jogo À luz da evolução	52
3.3. Um resumo do jogo À luz da evolução	52
3.4. O jogo À luz da evolução	53
3.5. As cartas do jogo	54
3.6. A dinâmica de uma rodada	57
3.7. Pontuação	58
4. Resultados	60
5. Discussão	112
6. Referências bibliográficas	117
Anexo I: Cartas do jogo	131
Anexo II: Tabela de pontuação	140

(Dedicatória)

À minha Família, Elisangela e Elloisa que são a razão de todos os dias eu pensar com um sorriso, de eu sonhar com esperança, de lhes abraçar com amor! Esta etapa também é de vocês! Amo vocês!

Agradecimentos

À minha orientadora, Claudia Augusta de Moraes Russo, pelas orientações e incentivo, que foram a base hercúlea para que este trabalho estivesse aqui.

À minha filha Elloisa, que me enche de felicidade e vontade de construir um mundo melhor através da educação e que este mundo possa ler um lar muito melhor do que o meu foi. Papai ama você filha.

À minha esposa, Elisangela, companheira em tudo, pelo amor, compreensão e principalmente pelo auxílio incentivando nos momentos difíceis desta caminhada. Te amo!

Aos meus pais, Cida e João, por terem sempre ser um exemplo de dedicação na criação dos seus filhos ofertando o maior de todos os presentes: a educação.

À Professora Cassia Sakuragui, pela leveza e altivez no trato conosco demonstrando, um apoio incondicional em nossas agruras acadêmicas. Também pela revisão deste trabalho.

À banca de professoresque contribuíram para a minha formação na defesa deste trabalho.

Aos meus amigos de mestrado pelos momentos de companheirismo, risadas e partilha de informações sempre importantes para a nossa vida e trabalho.

A todo corpo docente do PROFBIO pelas dicas e por ter nos propiciado aulas de com competência e alegria.

Aos colegas professores, direção, coordenação pedagógica, funcionários e alunos do Colégio Estadual Conde Pereira pelo incentivo e auxílio nesta caminhada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo investimento financeiro que permitiu a nossa formação e conclusão da pesquisa.

Relato de experiência de Alexandre de Souza Aires

Sempre me remeteu muita curiosidade a temática evolução biológica desde os meus tempos de estudante secundarista. Saber a base metodológica da biodiversidade sempre me causou muito fascínio. Tive muita sorte de ter tido professores de biologia que enfatizavam a teoria evolutiva como metodologia magna para se conhecer a biologia e a diversidade biológica, aumentando assim este meu entusiasmo.

Nasci em um seio católico e sempre participei de eventos ligados a manifestações religiosas desde a minha adolescência. Sempre tive noção da importância da religião como fomento de integração social porém sempre questioneei quanto a apresentação de uma resposta simples – e de cunho religioso – sobre determinado assunto, não era muito cabível aos meus olhos nunca gostei da frase: “Foi Deus quem fez!”

Minha graduação foi tardia, haja vista que, tive que trabalhar cedo para ajudar a família e por isso meus estudos foram prejudicados. Cursei licenciatura em ciências biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), através do consórcio Cederj, onde desenvolvi utilizando aquela metodologia, uma certa autonomia de estudos o que me ajudou e ainda ajuda minha busca por conhecimentos que tinha começado na educação básica. Na graduação, meu conhecimento sobre a teoria evolutiva ficou mais acentuado, pois toda a matriz curricular do curso respondia ao apelo da teoria evolutiva como base para as Ciências Biológicas e aos poucos compreendi a magnitude de sua importância no que tange o espectro da biodiversidade.

Após a graduação, ingressei como professor em escolas públicas e particulares – atuando em turmas principalmente do ensino médio – e me deparei, ao longo dos meus quase 10 anos de magistério, com um ensino fragmentado das ciências biológicas nos três anos que perfazem este período de ensino. Muito desta fragmentação do ensino está relacionada ao currículo de biologia que não concatena as ideias que perfazem o conhecimento biológico não relacionando os

conteúdos e temas e principalmente não colocando a evolução como ideia preponderante na construção do conhecimento biológico.

A idade dos alunos ingressantes no ensino médio, por volta de 15 a 16 anos - em meio a adolescência, é um fator que poderia ser muito bem utilizado em virtude do ímpeto atribuído a idade e da curiosidade que o conhecimento pode levar. Porém quanto mais os anos se passam este ímpeto diminui levando estes alunos a um estado de torpor estudantil, onde cada vez menos alunos possuem vontade de querer aprender qualquer coisa. Na medida em que os anos se passavam, o perfil deste aluno em relação a enxurrada de informação disponível – diretamente proporcional a velocidade e acesso à internet – culminava quase sempre a um não filtro desta informação e a veiculação de informação ligada de caráter duvidoso nos mais diferentes saberes.

Em relação ao ensino de evolução e da sua não aceitação pelos alunos, seja pelo não entendimento de sua importância, seja pelo pensamento preconceituoso, confuso e não estimulado pelas famílias – muito por cunho religioso – fez com que em prática diária eu já adotasse de estratégias para tentar desmistificar este grande conceito.

Ao ingressar ProfBio, percebi que ali poderia incorporar mais subsídios para melhorar minha prática docente sempre com o norte de buscar a compreensão dos alunos da importância do ensino de evolução para a biologia, bem como, de como este conhecimento não afetaria em nada seu *status quo* social em relação aos diferentes pensamentos da humanidade. As discussões e atividades durante estes dois anos, seja com professores e colegas, foram um laboratório de registro de situações que melhoraram ainda mais minha prática e ajudaram a estabelecer um olhar mais humano e acolhedor sobre a minha prática docente. A manufatura de meu produto proporcionou uma viagem em diferentes linhas de pensamento para organizar tal pesquisa o que me estimula uma busca por passos mais altos sempre focando na melhoria de minha prática docente.

Enfim sempre serei sempre muito grato aos conceitos construídos durante estes dois anos, bem como, as amizades fortalecidas e aos convívios acolhedores. Tenho certeza que estes vínculos ficarão para sempre, e principalmente no espelho de meus alunos de hoje e de sempre.

Resumo

Professores e alunos do Ensino Médio frequentemente têm concepções equivocadas sobre aspectos importantes da Teoria Evolutiva e os conflitos relacionados a crenças religiosas por vezes podem piorar a situação. Pela sua universalidade, a teoria evolutiva tem implicações importantes nas ciências da vida. Assim, não é possível compreender suas bases de conhecimento, sem o tempo e a dedicação suficientes para isso. Este fato gera um ciclo vicioso no qual alunos malformados geram professores com formação também deficiente. Assim, meu objetivo foi desenvolver como produto um jogo de cartas no estilo Perflida Grow® sobre evolução para um moderador jogar com turmas de alunos do Ensino Médio. O material central do jogo são cartas-chave que contém o nome de um pesquisador importante na biologia evolutiva ou um conceito fundamental nesta área. Cada carta inclui 10 dicas que permitem aos jogadores tentar adivinhar (o conceito ou o pesquisador) enquanto o moderador lê as dicas ordenadamente da carta em questão. As 10 dicas são dispostas em ordem inversa de dificuldade, iniciando pelas mais difíceis. Quanto mais dicas são lidas antes do grupo adivinhar corretamente, menos pontos o grupo recebe. O objetivo final do jogo é ser o grupo com mais pontos. O jogo *À luz da evolução* coloca o aluno como protagonista na construção do conhecimento sobre o processo evolutivo e sobre o fazer ciência, salientando uma posição de destaque no debate entre ciência e pseudociência.

Palavras chave: Biologia, educação, evolução, ciência, pseudociência.

ABSTRACT

High school teachers and students often have misconceptions about important aspects of evolutionary theory particularly where it conflicts to their religious beliefs. Sometimes this makes matters worse. Due to its universality, evolutionary theory has important implications in the life sciences. Thus, it is not possible to understand basic evolutionary knowledge without time and dedication needed to do so. This creates a vicious cycle in which ill-informed students will give rise to a generation of ill-informed teachers. So my goal was to develop as a product, a PerfilGrow® style card game for a moderator to play with a student classes of High School. The core material of the game are key cards that contain the name of an important researcher in evolutionary biology or a key concept in this area. Each card includes 10 tips that allow players to try to guess (the concept or the researcher) while the moderator reads the tips from the card. The 10 tips are arranged in reverse order of difficulty, starting with the most difficult. The more tips have been read before the group guesses correctly, the fewer points the group gets. The ultimate goal of the game is to be the group with the largest number of points. In the game *In the light of evolution*, the student plays the main role building knowledge about the evolutionary process and science, gaining a more prominent and robust position in the science and pseudoscience debate.

Keywords: Biology, education, evolution, science, pseudoscience.

1. INTRODUÇÃO

1.1. A importância e a definição de Evolução

Nada em biologia faz sentido exceto à luz da evolução (Dobzhansky, 1973), com esta célebre frase dita há 45 anos, o famoso biólogo evolucionista Theodosius Dobzhansky atrela o conhecimento sobre as ciências da vida com a teoria evolutiva. Desde sua proposição por Charles Darwin em 1859, ela vem se tornando uma das teorias mais universais e sólidas no meio científico. Em seu artigo de 1973, Dobzhansky cita Pierre Teilhard de Chardin, onde ele diz que evolução é muito mais que uma teoria, hipótese ou sistema, assim classificando-a como um postulado geral que englobaria todas as hipóteses, teorias e sistemas relacionados à vida, sendo a teoria universal que estrutura e dá sentido a biologia.

Através da evolução, mais especificamente das relações de ancestralidade e descendência descritas em uma árvore filogenética, os organismos descendentes herdam seus genomas de seus ancestrais. Como essa herança segue os ramos de uma árvore filogenética, o único ângulo no qual a biologia adquire a previsibilidade das ciências naturais é o evolutivo (Mello & Russo 2011). Assim, como a sistemática filogenética é a associação de nomes ao ângulo evolutivo, neste sentido, os nomes taxonômicos podem ser associados a características, o que faz desta forma de classificação a única classificação natural para a biodiversidade (Russo et al. 2016). A biologia sem evolução é como a política sem história; uma coletânea de fatos desconectados e sem uma lógica estrutural que organize o conhecimento. A biologia sem evolução é a biologia do decoreba.

De acordo com Di Mare (2002), o termo “evolução” pode ter sido criado por Pierre-Simon Ballanche (1776-1847), um filósofo francês que marcou o pensamento de seu país após a Revolução Francesa. A ideia evolutiva, entretanto, é bem mais antiga e pode ser atribuída a Anaximandro de Mileto (610-546 a.C.), um filósofo pré-socrático grego. Suas ideias incluem uma visão materialista da natureza que, segundo ele, como a humanidade, segue leis naturais incluindo a origem da humanidade a partir de animais aquáticos.

Alguns pesquisadores, dentre eles Ernst Mayr, relacionam as ideias de Anaximandro a um processo de ontogenia da geração espontânea e não um

processo típico evolutivo (Mayr, 1998). De fato esses dois conceitos, evolução e desenvolvimento, têm similaridades, pois lidam com transformação de características ao longo do tempo. O desenvolvimento é um conceito que se aplica ao indivíduo, pois lida com as transformações morfo-fisio-genéticas de um indivíduo desde a concepção até a fase adulta, a ontogenia. Por outro lado, a evolução é um conceito populacional pelo qual as populações se transformam ao longo das gerações, tradicionalmente limitadas às mudanças morfo-anatômicas. Entretanto, depois da Era Genômica, a evolução vem sendo associada à modificação que ocorre nas frequências gênicas nas populações naturais ao longo do tempo, ou seja, de uma geração para outra.

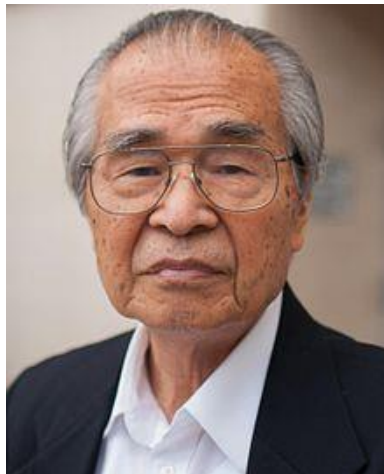


Figura 1: Masatoshi Nei lançou um novo olhar sobre o conceito de evolução em seu último livro.

By Masatoshinei - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://bit.ly/2kj1Ccz> (acesso em 14/08/2019).

Finalmente, Masatoshi Nei (figura1) em seu último livro (Nei 2013) critica a definição de evolução com base na mudança nas frequências gênicas. Ele coloca que, ao associar a mudança nas frequências gênicas à evolução, posicionamos a mais importante das forças evolutivas, a mutação, a um papel irrelevante. Isso ocorre, pois, a mudança nas frequências gênicas que a mutação é responsável é muito menor do que a de outras forças, tais como deriva gênica (ou o acaso), seleção natural ou migração.

Estas três forças têm realmente maior poder transformador das frequências gênicas, mas, segundo Nei, apresentam um papel secundário na evolução dos organismos pois nenhuma teria condições de atuar sem antes a mutação. Ainda em seu livro, Nei associa evolução não à mudança das frequências gênicas, mas a uma mudança bidirecional de complexidade, tanto do menos complexo para o mais complexo ou do mais complexo para o menos complexo. Nesta dissertação, estarei associando evolução a mudança das características ao longo do tempo nas populações naturais.

1.2. O pensamento evolutivo até Aristóteles

A teoria da evolução, como posta hoje, é uma das maiores contribuições para o pensamento da humanidade. A ideia pode ser atribuída a Anaximandro (610-545 a.C.), ao falar que os primeiros organismos teriam surgidos da lama do mar. Monod & Sampaio (1976) relaciona o pensamento sobre evolução biológica como estritamente ligado à necessidade do ser humano em procurar explicações para o mundo ao seu redor, como o universo as coisas vivas. Assim esta busca por explicações origina os mitos e as crenças religiosas que seriam um importante eixo de conhecimento e de poder perante os seus pares. O autor relaciona a capacidade de explicar o mundo como a grande vantagem dos humanos primitivos, o que lhes conferiria poder (preditivo) na domesticação de animais e no cultivo plantas, iniciando assim os processos de colonização.

De certo que o ser humano primitivo teve seu papel fundamental na construção do pensamento evolutivo, porém registros materiais só se tornaram mais sistematizados com os gregos. Embora muito já se tinha feito em termos de ciência pelo mundo com os egípcios, assírios, chineses, entre outros, foi com os gregos que o pensamento científico começa a ser utilizado para buscar resultados com base em algo semelhante a uma metodologia científica, sendo no campo da biologia relacionado com a descrição de organismos, de estruturas e de sua relação com a vida (Monod & Sampaio, 1976). Ronan (1987) menciona os mesopotâmicos como sendo os primeiros a registrar conhecimento animais e vegetais, tendo ainda um tipo de classificação biológica primitiva, seguindo parâmetros de grupos e subgrupos, encontrados em tabletes de argila com escrita cuneiforme.

Por volta de VI a.C., Tales de Mileto postulou que tudo na natureza é derivado do elemento base: água. Assim lançou as bases da Filosofia da Natureza e deu origem à Escola de Mileto, da qual fizeram parte Anaximandro e Anaxímenes. Anaximandro (610-545 a.C.), contemporâneo de Tales e seu sucessor, dizia que os primeiros vertebrados, semelhantes a peixes, nasceram do elemento líquido que recobria toda a crosta terrestre. Neste cenário, o ser humano teria surgido a partir de outra espécie, sendo a transformação da água no ventre da mãe, formava um embrião com o formato de um peixe, posteriormente, formando um corpo humanoide. Precursor do transformismo, podemos dizer que Anaximandro pensava que os seres vivos seriam originados de seres preexistentes. Talvez discípulo de Anaximandro, ressaltou ainda Anaxímenes (528-525 a.C.) que tinha uma forma própria de pensar a natureza, sendo esta originada do ar.

Por outro lado, Anaxágoras (500-428 a.C.) começa a se preocupar com os fenômenos de transformação, como: um ser em outro, pão em carne, semente em planta, etc., para ele os animais eram resultados da junção de umidade, calor e uma substância provenientes da terra, posteriormente a geração de seres através de outros propaga a espécie. Ele promoveu os primeiros estudos levando em consideração ideias de evolução o sentido de transformação. Infelizmente, sua pesquisa teve que ser deixada de lado pois foi exilado por defender que o sol não era uma divindade, e sim, uma rocha incandescente no firmamento.

Julgamentos como este, onde se confunde o saber científico com as crenças de um povo, permeiam a história da ciência até os dias de hoje dificultando a produção científica.

Empédocles de Agrigento (492-450 a.C.) discursava sobre o equilíbrio entre os quatro elementos, primordiais e indestrutíveis: água, fogo, terra e ar, que, combinados, seriam o arcabouço de tudo no mundo, ou seja, a matéria. Sua visão foi considerada como um princípio para a teoria atômica de Leucipo e Demócrito. Suas ideias sobre os quatro elementos influenciaram Platão e Aristóteles, e até a Idade Média.

Empédocles dizia que não há nascimento para as coisas mortais, sendo assim, não também nenhuma morte, existem apenas composições e dissociações de elementos que compõe o ser mortal. Uma outra contribuição de Empédocles era

compatível com a teoria da seleção natural darwiniana – tanto que Darwin citou Empédocles em *A Origem das Espécies*. Esta era a ideia de que os animais eram formados por várias partes aleatórias de membrares que estes animais eram monstros antigos. Entretanto, tais formas não conseguiam se adaptar ao meio, sendo assim, não sobreviveriam, sendo substituídos por formas, mais harmoniosas com o ambiente, que conseguiam sobreviver e reproduzir.

Platão (429-347 a.C.), discípulo de Sócrates (469-399 a.C.), foi fundador da primeira academia e tinha como premissas universais – Deus e matéria. A matéria seria ilimitada e Deus seria o espírito que infla, ordena e causa a matéria nos seus elementos: ar, água, fogo e terra. Platão tinha o mundo das ideias como perfeito e imutável na qual existia a essência verdadeira de tudo e acreditava na realidade como uma nuance, imperfeita, uma imagem modificada desta essência no mundo das ideias. Assim, para Platão, a verdadeira realidade ultrapassa os sentidos, ela não pode ser o que se observa, pois a verdadeira realidade está somente no campo das ideias. Desta forma, a observação da natureza não é uma busca fiel à verdadeira ideia, e sim, mais uma tentativa de se expressar a adequação divina – já que Deus é quem modela a matéria. Esta doutrina filosófica foi conhecida como Essencialismo.

Aristóteles (384-322 a.C.), apesar de discípulo de Platão, abandonou a academia platônica pois criticava o Essencialismo de Platão, fundando sua própria escola filosófica (figura 2). Ele acreditava que, por exemplo, os planetas não seriam somente corpos intangíveis, mas sim estruturas físicas e reais. Para Aristóteles, o mundo natural existia e não era apenas uma imagem, como dizia Platão. Ele tinha um olhar cuidadoso para as modificações ao longo do tempo. Primeiro, ele foi o primeiro a classificar o desenvolvimento dos seres vivos (ciclo vital) em: nascimento, destruição e transformação. Além disso, ele observa e categoriza os organismos em uma escala onde se seguia a ordem crescente: plantas, animais primitivos, peixes, répteis, aves, mamíferos até o dito espírito imaterial. Nesta escala, a posição do ser humano estava no meio da classificação, bem abaixo dos anjos, pois ele era composto de parte material (corpo) e parte imaterial (espírito).



Figura 2: A Fundação da escola Aristotélica. Por Gustav Adolph Spangenberg - Hetnet., Domínio público

<https://bit.ly/2kuu2QP>. (acesso em 14/08/2019).

Na classificação aristotélica, Deus estava acima de tudo. Segundo Aristóteles, a contemplação do fenômeno não era suficiente para caracterizar um estudo científico, e sim, a ação em cima do fenômeno era fundamental. Utilizando a lógica em seu discurso filosófico, Aristóteles, com as chamadas leis do raciocínio, apresentou argumentos em seu discurso defendendo que a matéria física é tão importante quanto a Forma e a Ideia platônicas. Surge assim os primórdios da linguagem científica.

Aristóteles foi muito importante para a biologia, com conhecimento profundo sobre comportamento, estrutura e variação em animais e plantas, tendo em algumas biografias o título de primeiro biólogo (Monod & Sampaio, 1976). Em suas obras *A história dos animais*, *As partes dos animais*, *A geração dos animais*, *A alma* além de tratados de botânica e zoologia, perdidos, seguia o Determinismo, onde segundo ele, a vida era resultado de um princípio imaterial, como uma inteligência suprema, que coordenava a matéria e a natureza, para um determinado fim, sendo este o papel daquele ser vivo.

Excelente observador e dissecador, como morfologista, ele foi o primeiro a estabelecer oposição entre a morfologia estrutural e a analogia funcional. O fixismo aristotélico, concepção de Aristóteles (383-322 a.C.), estava associado ao fato de que as espécies foram criadas como elas aparentam hoje e estabelecidas em uma escala hierárquica. Para tal concepção, foi utilizada no modelo judaico-cristão, no qual tanto o ser humano quanto a natureza estavam submetidos a Deus.

1.3. O pensamento evolutivo de Epicuro até Charles Lyell

Epicuro (341-271 a.C.), contemporâneo de Aristóteles, teve como objetivo de seu pensamento excluir o sobrenatural da explicação científica. Assim, ele assume um papel fundamental, retirando da equação, forças desconhecidas e intervenções misteriosas. Para ele, a ciência deveria ser mecanicista (finalismo) e materialista (sem intervenção do sobrenatural). Claudius Galeno (129-199 d.C.) realizou estudos anatômicos em animais como porcos, macacos e cachorros. Como, de acordo com as leis romanas, não se podia dissecar humanos, tais resultados eram considerados válidos para organismos humanos. Com uma anatomia comparada primitiva, mas um vasto conhecimento sobre anato-fisiologia animal, seus estudos seriam base para a área médica humana, onde suas obras serviram de influência até o século XIX (Mayr, 1998).

No século XIII, São Tomás de Aquino unifica a lógica aristotélica ao processo de criação do mundo, atribuindo a Deus também a regência sobre as adaptações dos seres vivos ao mundo natural (Mayr, 1998). As adaptações dos organismos eram vistas como evidências claras da onipotência e da bondade divinas para com os organismos. Segundo Mottola (2011), durante os séculos XVII e XVIII, ocorreu uma quebra nos paradigmas com a descoberta de novos fósseis que forneceram evidências incompatíveis com o fixismo condicionado nos dogmas do criacionismo cristão. Di mare (2002 p. 68) cita que “para o homem enxergar a natureza como objeto de sua ação e seu conhecimento em que a noção de um mundo estático criado pelo Eterno, fosse substituída”. Neste cotidiano, muitos foram os avanços que auxiliaram no processo de investigação da natureza como o microscópio – no estudo da diversidade de microrganismos – até as grandes navegações que multiplicaram muitas vezes a biodiversidade conhecida aos pensadores europeus a partir do século XV (Mottola, 2011).

Andreas Vesalius (1514-1564), um jovem anatomista belga, foi muito influenciado, no início de sua carreira, pelos ensinamentos de Galeno (Galenismo), mas com sua mudança para a Universidade de Pádua, ele inicia a dissecação de corpos humanos. Assim, ele observou que algumas estruturas propostas por Galeno estavam incorretas. Um exemplo é o osso esterno humano que tinha três segmentos ao invés de sete, como estava no tratado de Galeno. Desta forma, Vesalius dedicou-se a mostrar aos estudantes começa um estudo comparativo entre humanos e

macacos que, apesar de possuírem basicamente os mesmos órgãos, apresentavam algumas diferenças. Publicou um novo atlas de anatomia chamado *Os sete livros sobre a estrutura do corpo humano*, popularmente conhecido como *Fabrica*, em 1543 (Janeiro & Pechula, 2016).

Vesalius não se perguntou o motivo da diferença entre as estruturas humanas e de macacos, haja visto a filosofia aristotélica, na qual o ser humano era o final de uma série animal concebido diretamente por Deus e imutável (Canguilhem, 2012). Todavia, a técnica de dissecação de Vesalius introduziu a comunidade renascentista ao novo procedimento. Isso levou a uma série de importantes descobertas sobre anatomia comparada que teceram as bases para o fato de que o ser humano é mais uma espécie na diversidade biológica (Mayr, 1998).

No início dos anos 1600, os naturalistas começaram a relacionar o funcionamento dos corpos dos organismos com o funcionamento de máquinas, sendo regidos pelas leis da física, surgindo assim uma abordagem mecanicista. No início do século XVII, a maioria dos naturalistas também era teólogo e o pensamento mecanicista poderia levar muitos fiéis ao ateísmo. William Paley (1743-1805) propôs – para tentar explicar em termos clérigos as leis da física que regem a anatomia e fisiologia dos seres vivos – a Teologia Natural. Esta corrente filosófica enxerga uma forma de “escritura sagrada da natureza”, na qual Paley usava os exemplos de perfeição da natureza – a estrutura de uma flor, a estrutura do olho humano – como exemplos da obra perfeita do Criador. Segundo Paley, as espécies estavam perfeitamente adaptadas ao ambiente, pois o Criador as criou assim, sem imperfeições (Bizzo, 2007).

O padre e naturalista Nicolau Steno (1638-1686), em um mundo marcado muito por um pensamento criacionista, foi uma das primeiras pessoas a propor explicitamente os fósseis como restos de organismos que viveram no passado. Isso provocou uma discussão sobre a idade da Terra, da perfeição e da imutabilidade dos seres vivos e do planeta quando comparou os fósseis com os organismos atuais. Steno ainda formulou várias leis – como a lei da Superposição – bem como se dá o processo de fossilização, leis válidas para estudos de estratigrafia até os dias de hoje (Neto et al. 2017).

CarolusLinnaeus (1707-1778), naturalista sueco, estabeleceu um sistema de classificação de espécies que fosse organizado e que substituísse os sistemas de classificação da época, principalmente o aristotélico. Seu intuito era estabelecer um sistema que ao mesmo tempo facilitasse a descrição da espécie e que a relacionasse facilmente com outros grupos, onde sua proposta seria: classificar, descrever e nomear.

No histórico da classificação dos seres vivos no ocidente, os nomes mais influentes em um período inicial foram Aristóteles (384-322 a.C.) e Teofrasto (371-287 a. C.). Aristóteles estabeleceu que o estudo dos gêneros deva anteceder os estudos das espécies individuais, assim características determinantes e “imutáveis” eram chamadas essenciais e características que variavam eram chamadas de “acidentais”, sendo as essenciais determinantes para o grupamento do gênero ou da espécie. Teofrasto sintetizou um vocabulário técnico para a descrição de plantas em que utilizou aspectos permanentes (raiz, caule, folha) e perenes (fruto, flor, pedúnculo), classificando os vegetais em: árvores, arbustos, sub-arbustos e ervas (Prestes et al. 2009).

Prestes e colaboradores (2009) retratam as classificações da época como confusas e baseadas em critérios distintos, algumas delas eram uma verdadeira descrição do organismo. As autoras, que analisaram os trabalhos de Lineu com classificação botânica, discorrem sobre uma existência de diversos tipos de classificação com critérios que determinavam linhas de pensamento taxonômico de acordo com o órgão da planta que era escolhido para a classificação. Assim existiam os *Frutistas* (classificação com base em frutos), os *Corolistas* (com base nos elementos da corola), os *Calicistas* (com base nos elementos do cálice) e os *Sexualistas* (como base nas características sexuais), assim a mesma planta poderia ser diferente na visão de um frutista e de um calicista.

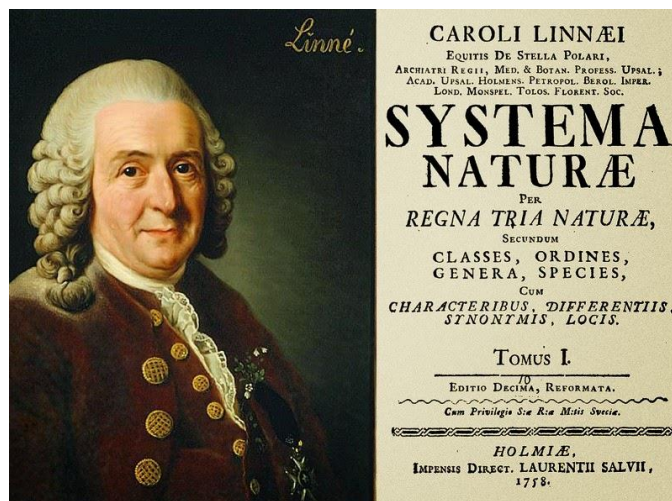


Figura 3: Carlos Lineu e sua obra Systema Nature,1758.

<https://bit.ly/2m0nXfp> (Acesso em 09/08/2019).

Em seu livro *Systema naturae*, 1735 (Figura 3), Lineu estabelece regras para a classificação, a descrição e a nomeação das espécies, algumas delas seguidas até hoje, tais como: a latinização dos nomes taxonômicos, a divisão em categorias taxonômicas e a nomenclatura binomial para descrever o nome específico. Lineu tinha bases clericais, a ele foi atribuída a seguinte expressão: Deus criou, Lineu organizou. A hierarquização de sua metodologia de classificação começou a classificar as espécies em ranques taxonômicos que de uma maneira impressionante não sofreram tanta alteração até os dias de hoje. Lineu utilizava as semelhanças entre as espécies para organizá-las sem se preocupar em entender por que são semelhantes (Prestes *et. al.*, 2009).

Georges-Louis Leclerc (1707-1788), o Conde de Buffon, discutia a ideia da Terra como muito antiga e iniciou uma explicação não bíblica da história da Terra, utilizando das ideias da física newtoniana para discutir a origem dos planetas a partir de colisões de cometas com estrelas. Em 1779, Buffon, para testar sua ideia, conduziu um experimento que consistia em aquecer esferas até que se tornassem incandescentes e depois marcar o tempo de seu resfriamento até atingir temperatura ambiente. Na extrapolação de seus resultados, Buffon chegou a um tempo aproximadamente 75 mil anos para que a Terra resfriasse o que já era muito maior do que os 7.000 anos da contagem bíblica aceitos na época. Buffon também postulou que a vida também teria uma história e que, sob certas condições, nos oceanos primitivos, a vida surgiria. Após a origem, com o esfriamento de alguns

lugares do mundo, as formas de vida migravam para outros locais e sob condições diferentes de habitats estas formas de vida mudariam em relação a espécie ancestral, uma espécie de processo evolutivo (Nogarol, 2011).

Thomas Malthus (1766-1834), apesar de não ser naturalista e sim economista, possui um lugar importante no pensamento evolutivo. Em seu ensaio sobre crescimento populacional e disponibilidade de alimento, no livro *An Essay on the Principle of Population as it affects the Future Improvement of Society*, do ano de 1798, ele relata que os recursos alimentares seriam escassos diante do crescimento populacional no futuro. Um fator importante da visão malthusiana é o fato dele tratar os humanos não como indivíduos separados e sim como população, como um ecologista faria ao estudar uma espécie. Tempos depois, Darwin utilizaria suas ideias como uma das teorias que embasariam sua proposta de modelo evolutivo com a luta pela sobrevivência (Malthus, 1809).

Georges Cuvier (1769-1832) era um anatomista de renome do Museu Nacional de Paris. Ele usou seus conhecimentos de anatomia para dar uma interpretação diferente sobre o registro fóssil, estabelecendo dúvidas sobre as ideias hegemônicas da época em relação às linhagens de seres vivos. Faria et al (2012) aponta que Cuvier estudou fósseis de elefantes encontrados nos arredores de Paris, comparando-os com ossos de elefantes africanos e indianos atuais, ele percebeu que havia estruturas distintas. Naquela época se pensava que os animais derivados dos fósseis estariam em algum lugar escondido do mundo, mas Cuvier pensou em outra possibilidade: os animais haviam sido extintos. Analisando os fósseis, Cuvier propôs que estes seres não existiriam mais tendo sido extintos em algum momento. Chegou à conclusão de que ocorriam, na história da Terra, períodos de grandes extinções derivadas de mudanças bruscas – catástrofes – que acabavam com um grande número de espécies, batizando de Catastrofismo. Darwin não era adepto do Catastrofismo, pois, para ele, existia uma mudança gradual das espécies ao longo do tempo.

As ideias de Cuvier são notoriamente compatíveis com o conceito de Extinção em Massa, (Faria, et al. 2012). Porém, quando se compara a visão catastrofista com a Grande Cadeia do Ser – que desde Aristóteles estabelecia certa hierarquia, começando no lodo do oceano até os seres humanos e anjos, tendo Deus no seu

ápice – é percebida uma incoerência com a visão fixista – defendida por Cuvier - no que se refere ao desaparecimento de parte da criação divina.

Analisando o registro fóssil, o engenheiro e construtor de canais inglês William Smith (1769-1839) observou que nos diferentes estratos geológicos existia, em uma ordem de superposição, basicamente os mesmos fósseis. Utilizando esta metodologia, ele elaborou um mapa estratigráfico da Inglaterra.

Com a elaboração do mapa, Smith introduziria assim o Princípio da Sucessão Faunística, onde determinava que um único pacote litológico pode ser dividido segundo a sequência de fósseis que contém, assim, rochas com determinada característica distinta, seja paleontológica ou geológica, e com diferentes idades, podem apresentar semelhanças no conteúdo fossilífero (Dos Anjos Zeffass e De Jesus Andrade, 2008)?.

Zeffas e Andrade (2008) ainda citam que Smith foi o primeiro a perceber que o registro fóssil estratigráfico específico de uma área pode ser utilizado para outros estratos de áreas diferentes.

Charles Lyell (1797-1875), geólogo escocês, lançava o livro *Principles of Geology* (1833), com base nas ideias de James Hutton (1726-1797). Hutton argumentava que a Terra não era moldada por mudanças catastróficas (Catastrofismo) como Cuvier havia proposto, mas sim por mudanças lentas, imperceptíveis e graduais, tais como a chuva lentamente provocando erosão na rocha. Assim, Lyell descreveu seu princípio do Uniformitarismo, defendendo que os processos que alteram a Terra são uniformes ao longo do tempo. Isso significa que os processos geológicos de mudanças no planeta que atuavam no passado seriam os mesmos que estão atuando no presente. Lyell teve uma profunda influência para a história da Terra e da vida, em particular na teoria evolutiva de Darwin com a evolução se tornando um processo de uniformitarismo biológico (Pellogia, 2005).

1.4. O pensamento evolutivo de Lamarck a Mendel

1.4.1. Jean Baptiste Lamarck



Figura 4: Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck.

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Lamarquismo>. (acesso em 09/08/2019).

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Cavaleiro de Lamarck (1744-1829), é considerado o primeiro autor a elaborar uma teoria evolutiva mais completa com a qual ele tenta explicar *como* ocorre a evolução, ou seja, o mecanismo pelo qual os organismos se adaptam ao meio (Figura 4). Ele elaborou a teoria com a ideia de um Deus criador e transformador em direção à perfeição através de um processo de geração espontânea (Mayr, 1998).

Em suas obras entre 1800 e 1809, *Recherchessurl'organisationdescorpsvivants*. (1802) e *Philosophiezoologique* (1809), Lamarck fundamentou sua teoria em quatro leis: i) A tendência para o aumento da complexidade – aplicada ao indivíduo; ii) O surgimento de órgãos em função de necessidades que surgem e se mantêm – ligada a criação de novos órgãos devido a necessidade ambiental; iii) O desenvolvimento ou atrofia de órgãos em função do uso deles – a famosa “lei do uso e desuso”, onde o desenvolvimento se deve a necessidade de uso de determinado órgão em detrimento da decadência daquele que não está sendo usado; iv) A herança dos caracteres adquiridos onde todas as mudanças ao longo da vida são transmitidas aos descendentes.

Martins (2015) ressalta que Lamarck era um naturalista de museu e que, por não estar no campo, tirou suas conclusões a partir de animais de coleções. Assim,

suas observações seriam condicionadas ao estado da peça observada. Lamarck estudou em detalhes espécies fósseis e atuais, mas, infelizmente, ele é mais lembrado hoje pelos seus erros e praticamente nunca pelos seus acertos. E ele acertou bastante coisa. Ele foi o primeiro a utilizar o termo invertebrado para agrupar estes organismos, termo que é usado até hoje.

Lamarck também foi o primeiro a sistematizar um processo teórico completo para explicar as mudanças das espécies ao longo do tempo com caráter progressivo da gênese espontânea (somente para os seres simples), passando pelos processos de transformação dos mais simples para os mais complexos, mediado pela natureza. Esta metodologia proposta por Lamarck deixou fatos bem positivos como: a ideia de variação das condições de vida na Terra, ao longo do tempo; a adaptação, quase perfeita dos seres vivos ao seu ambiente e ao seu meio de vida; a existência de uma certa progressão dos animais; a inexistência de geração espontânea para os animais superiores, dentre outras (Martins, et. al. 1996). Isso daria um pano de fundo para as ideias de Darwin, o público estava pronto para ouvir novas teorias evolutivas.

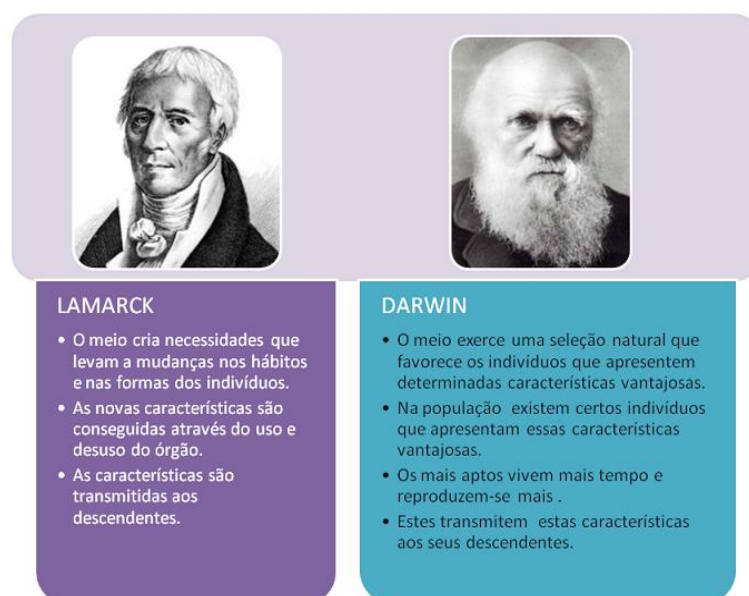


Figura 5: Comparação entre as visões de Lamarck e Darwin sobre o aparecimento das variações e a transmissão das características aos descendentes.

<https://bit.ly/2krqyhV> (acesso em 09/08/2019).

1.4.2. Charles Robert Darwin

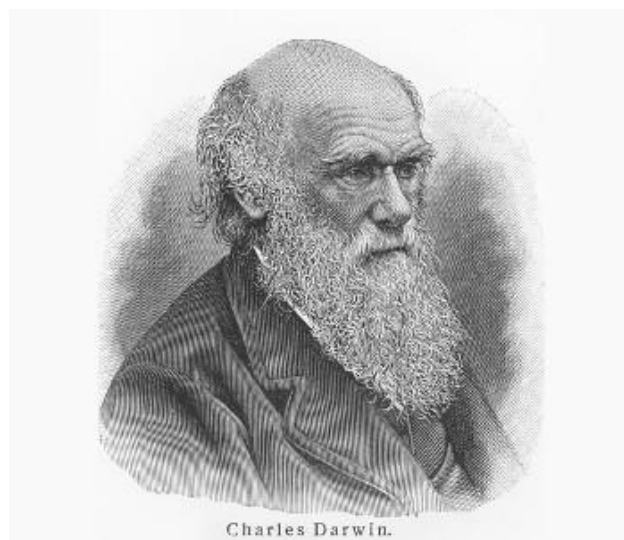


Figura 6: Charles Darwin, o pai da Biologia Moderna.

<https://bit.ly/2kubccm> (acesso em 09/08/2019)

Charles Robert Darwin (Figura 6) nasceu no dia 12 de fevereiro de 1809 na Inglaterra. Ele é filho do doutor Robert Darwin, um médico de renome e Darwin, como praticamente todos os filhos da aristocracia vitoriana, foi preparado para ser sacerdote ou médico. Após os trabalhos de Lamarck, Darwin encontrou um cenário favorável no meio acadêmico para sua teoria, o que está associado ao fato de que ciência é um processo que acúmulo de teorias explicativas sobre fatos e observações naturais. Como processo, cientistas estão sempre levando a bagagem que os é oferecida pelos cientistas que os precederam. De fato, as ideias do transformismo, incendiadas por Lamarck e outros pensadores, foram importantes para que o jovem Darwin pusesse em forma sua cuidadosa e detalhada observação da natureza e das inter-relações entre os organismos vivos (Browne, 2007).

Para Darwin, dois livros foram fundamentais na construção de sua teoria. O primeiro o livro de Sir Charles Lyell que defendia o uniformitarianismo; uma teoria que dizia que as leis que governam as transformações lentas e graduais do nosso passado geológico ainda estão em operação nos dias atuais, como já detalhado anteriormente (Lyell, 1990). Outro livro importante, também já mencionado, foi o do Thomas Malthus sobre a dinâmica das populações humanas. Segundo Mathus, a

população humana cresce de acordo com uma progressão geométrica enquanto a produção de alimentos cresce em progressão aritmética. Desta forma, ele espera um momento de crise e colapso a partir do qual a produção de alimentos não será suficiente para alimentar toda a população humana em crescimento (Malthus, 1809).

Um terceiro ponto chave foi à seleção artificial. Se os humanos conseguem modificar linhagens de cachorros de modo a produzir raças grandes, raças de pelo curto, raças de pelo branco, raças de corrida, etc., ele começou a ponderar se tal processo seletivo não poderia estar acontecendo na natureza.

Na época de Darwin, já era conhecimento geral que mais filhotes nascem do que aqueles que podem sobreviver. Vamos tomar por exemplo, um casal de sapos, se, a cada ciclo reprodutivo, eles produzem uma dezena de ovos, na próxima geração, esperamos milhares de ovos, na terceira geração milhões deles, na quarta bilhões de ovos... Isso, em apenas quatro gerações e apenas a partir de um casal de sapos. Ora, se não estamos pisando em sapos em todos os lugares, uma coisa fica clara: nem todos filhotes sobrevivem em cada geração. De fato, era também de conhecimento geral que a fome, a predação, as doenças e os acidentes eliminam a maior parte desses descendentes mantendo um equilíbrio na população. Entretanto, Darwin foi o primeiro a se preocupar em responder a pergunta: *quem sobrevive e porque estes sobrevivem?*

Desmond & Moore (1994), descrevem em sua biografia intitulada Darwin, que o pesquisador era um excelente colecionador, tendo rapidamente conseguido uma proximidade com o prestigioso professor de Cambridge, John Stevens Henslow (1796-1861). Henslow era um profundo conhecedor de diversas áreas nas ciências como: botânica, entomologia, química e geologia. A proximidade dois doiseu tanta que chegaram a chamar Darwin de “o acompanhante de Henslow”, haja visto a assiduidade que eram vistos juntos em caminhadas pelo campus de Cambridge (Darwin, 1859). As conversas de Darwin e Henslow permitiram que o professor entendesse as habilidades de Darwin em metodologias de coleta de seres vivos bem como seus conhecimentos de geologia e paleontologia. Por isso, Henslow indicou Darwin para a viagem que seria uma mudança nos paradigmas nas ciências naturais da era vitoriana: a viagem de volta ao mundo como naturalista convidado a bordo do navio HMS Beagle.

Darwin, na época com 22 anos, ficou muito entusiasmado com a carta convite de Henslow, e conseguindo a aprovação do pai – mediante algumas indicações – embarcou no Beagle em 27 de dezembro de 1831. O capitão do navio chamava-se Robert FitzRoy (1805-1865), e alojou Darwin em seus aposentos ao longo dos 5 anos de viagem. A viagem percorreu, entre 1831 e 1836, e percorreu países como Brasil, Argentina, Chile, Equador (Ilhas Galápagos), Nova Zelândia, Austrália e África do Sul, onde Darwin foi metucioso e um coletor de espécies, animais, vegetais, fósseis, que serviriam, para em seus estudos posteriores, ser o alicerce das ideias sobre sua teoria evolutiva.

Em seu diário (Darwin, 2008), Darwin ficou extasiado com a floresta tropical ao chegar na Bahia, como um vislumbre do que esta por vir naquela viagem. No Rio de Janeiro, se encantou com as bromélias, em seu primeiro contato com estas plantas tropicais. Passando pela Argentina, mais precisamente na Patagônia, se surpreende com fósseis de uma preguiça gigante, o que coletou para ser encaminhado para Londres. A bordo do Beagle, Darwin era um assíduo leitor da obra de Charles Lyell, *Princípios de Geologia*, que consultou várias vezes na viagem.

Um dos pontos chaves de sua viagem foi quando o Beagle aportou no arquipélago de Galápagos, a cerca de 900 quilômetros a oeste da costa do Equador. Neste arquipélago, Darwin ficou muito curioso, chamando sua atenção às sutis diferenças entre as espécies das diferentes ilhas e, destas, com as espécies encontradas na América do Sul continental, como lagartos e jabutis. Um exemplo importante foram as aves conhecidos como tentilhões que Darwin observou e coletou nas ilhas. Aves de cada ilha apresentavam variações relacionadas à morfologia, ao habitat e ao comportamento dos pássaros (Figura 7). Com tais observações, Darwin sedimenta as bases para a teoria de evolutiva por seleção natural e do processo de especiação. Ainda em viagem, Darwin já começava a questionar o aspecto fixo que se determinava a Terra e as espécies nela.



Figura 7: Tentilhões de Galápagos. T - Tentilhões da terra; A - Tentilhões das árvores; V - Tentilhão vegetariano; C - Tentilhão cantor.

<https://bit.ly/2lDzhO4> (acesso em 09/08/2019).

O Beagle retornou à Inglaterra em 12 outubro de 1836, trazendo, além de muito material coletado, um Darwin amadurecido. O próprio Darwin relata que não restava dúvida do desenvolvimento de seu intelecto causado pela viagem. Nos anos seguintes, Darwin começou a escrever monografias sobre as descobertas ao longo da viagem do Beagle, como sobre as coleções zoológicas e botânicas. Nos anos de 1840, Darwin já estava com o conceito formado que a variabilidade nas espécies, a adaptação ao meio e o próprio meio ambiente estavam intimamente ligados. Associando a idade antiga da Terra, com as transformações lentas e graduais que passa nosso planeta e com crescimento populacional e a limitada disponibilidade de recursos, Darwin começou a tecer as bases de sua teoria com base no processo de seleção natural.

Mayr (1998) resume bem o pensamento lógico de Darwin em cinco fatos e três inferências:

- Fato 1: O potencial de fertilidade de todas as populações é grande, as populações cresceriam exponencialmente se todos os descendentes produzidos sobrevivessem;

- Fato 2: Os tamanhos das populações são geralmente estáveis, respeitando uma variação sazonal;
- Fato 3: Os recursos naturais são limitados;

Inferência 1: A produção de mais descendentes do que aqueles que o ambiente pode sustentar leva a uma luta pelos recursos para a sobrevivência (competição) entre os descendentes. Assim, nem todos os descendentes sobrevivem e se reproduzem gerando seus próprios descendentes;

- Fato 4: Existe, dentro das populações naturais, variação nas características morfológicas;
- Fato 5: Uma parte considerável desta variação pode ser transmitida aos descendentes;

Inferência 2: As características dos indivíduos que sobrevivem são fundamentais nesta luta por recursos, não sendo o acaso o mediador desta sobrevivência. As melhores adaptações ao meio, herdadas, serão um diferencial para esta sobrevivência e com maiores chances de transmiti-las a seus descendentes;

Inferência 3: Esta habilidade desigual de sobreviver e reproduzir dos indivíduos gera uma mudança gradativa na população, que passa a se modificar acumulando características favoráveis nas gerações posteriores.

Assim, parece que o que movimenta a seleção natural de Darwin é o sucesso reprodutivo no processo de competição pelos recursos dos que possuem as adaptações com melhor resposta ambiental. Assim as adaptações vantajosas não apenas persistem, mas passam aos descendentes de toda a espécie, através da homogeneização das características pela reprodução sexuada.

Darwin chegou a evidências da seleção natural, estudando espécies cultivadas (vegetais) e animais domesticados, analisando as características que o selecionamos ao longo do tempo. Assim, ele percebeu que se, em um tempo curto (geologicamente), o ser humano conseguiu selecionar variações de interesse (raças em cães, por exemplo), o ambiente poderia sim selecionar adaptações entre os indivíduos das populações. Ao fenômeno típico das populações humanas, ele chamou de seleção artificial. Se isso poderia ser conseguido pelo homem com pouco

tempo, com a idade antiga da Terra tinha mais que 7.000 anos (tempo que dizia a bíblia), e com as mudanças gradativas de Lyell, ele sedimenta as bases de sua teoria (Darwin, 1859).

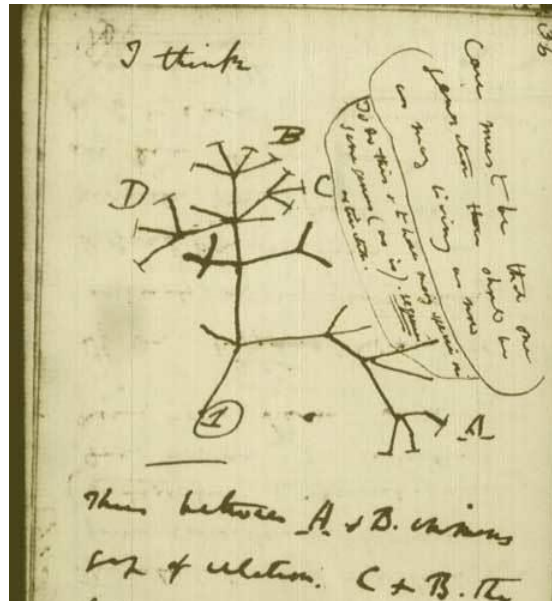


Figura 8: A árvore de Darwin em seus cadernos de notas, com a poética inscrição “I think”, “Eu penso”. <https://bit.ly/2kj2mOT> (acesso em 09/08/2019).

Essa observação de que indivíduos de uma população diferem entre si foi fundamental para a segunda base da teoria darwiniana: a ancestralidade comum (Figura 8). Ao observar atentamente tais diferenças, Darwin propôs que tais diferenças são de mesma natureza das diferenças entre as espécies, ou seja, elas são quantitativamente não qualitativamente diferentes. Ora, se a natureza é a mesma, a única diferença é a quantidade. Assim, como a seleção natural muda os descendentes, então isso tem como consequência a ancestralidade comum neste modelo. A população de uma espécie ancestral, antes da especiação, apresenta as variações que eram intrapopulacionais e que hoje são interpopulacionais. Assim, a teoria Darwiniana estava baseada no mecanismo de seleção natural como força evolutiva transformadora das populações naturais de acordo com o ambiente e na ancestralidade comum cujo tempo desde o ancestral está inversamente relacionado à similaridade dos descendentes (Darwin, 1859).

As ideias de Darwin sobre seleção natural e alterações nas espécies ao longo do tempo, descartando o conceito aristotélico de imutabilidade das espécies, levou à

formulação de um pensamento sistemático percebendo a história evolutiva das espécies em um contexto de ancestralidade comum. Ele percebe então a evolução, não de uma forma linear, mas sim em ramos, formando árvores evolutivas. O comportamento e dispersão dos tentilhões de Galápagos foram um dos exemplos que Darwin mais explora em sua publicação de 1859, sobre este processo sistêmico (Figura 9).

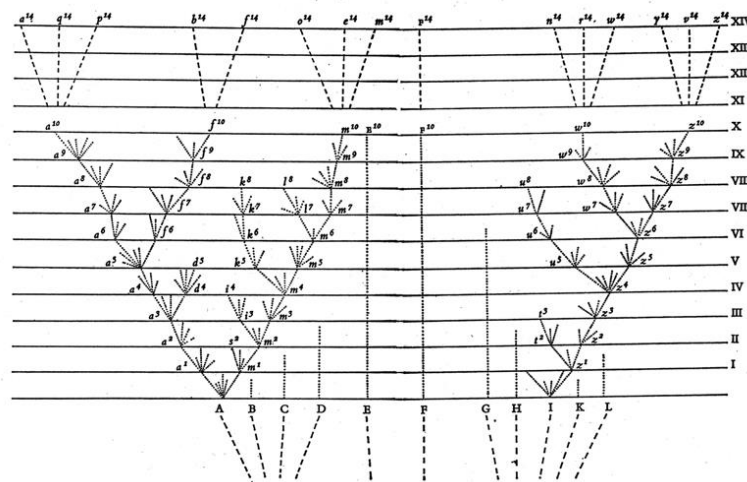


Figura 9: Figura de “A origem das espécies” em sua primeira edição (1859) mostrando relações filogenéticas entre espécies.

<https://bit.ly/2IDzqRC> (acesso em 09/08/2019)

Darwin começou a formular sua teoria da seleção natural no final dos anos 1830 e trabalhou nela por 20 anos, na sua busca por riqueza de evidências para sustentar sua teoria. Durante estes anos, Darwin trocava correspondências com muitos pesquisadores, dentre eles Alfred Russel Wallace (1823-1913) um jovem naturalista, que trabalhando na Indonésia, enviou uma correspondência com um manuscrito intitulado: *Sobre a tendência de as variedades se afastarem indefinidamente do tipo original*. Darwin leu o manuscrito e ficou impressionado com a semelhança das ideias de Wallace com o processo de seleção natural das espécies, descrito por ele em seus resumos.

Em 1859, Darwin publica sua obra que revolucionou a era vitoriana e toda a biologia em si, que explicava em pormenores, a ideia de seleção natural: *A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida* (Papavero, Moraes dos Santos, 2019). A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na

Luta pela Vida (1859) já foi considerada como o livro mais importante já escrito e a ideia de evolução por seleção natural como a mais importante ideia da história da humanidade.

1.4.3. Alfred Russel Wallace



Figura 10: Alfred Russel Wallace. <https://bit.ly/2lZr3Ah> (Acesso em 09/08/2019).

Alfred Russel Wallace (figura 10) nasceu em 8 de janeiro de 1823. Em sua juventude, encontrou Henry Bates um entomologista com o qual saiu em expedição pelo Amazonas. A ideia da viagem era coletar fauna e flora com uma ideia inicial de desvendar o enigma da origem das espécies (Wallace, 1939). Em julho de 1852, retornando à Inglaterra, o navio que o trazia sofreu em um naufrágio e Wallace perdeu todos os exemplares de animais e plantas que havia coletado. Felizmente, para todos nós, Wallace e a tripulação sobreviveram. Ao invés de se abater pelo trágico acidente, se lançou em uma nova expedição científica, sempre com o intuito de solução do problema: a origem das espécies com destino ao Arquipélago Malaio.

Souza 2014 relata que chegando em Singapura em 1854, visitou as ilhas de Bornéu, Java, Sumatra, Timor, Celebes, Molucas, Aru, Ke e Nova-Guiné até 1862, coletando espécies para solucionar o seu problema. Nesta mesma época, Wallace percebeu uma linha divisória e imaginária que dividiria o Arquipélago Malaio em

Indo-Malásia e Austro-Malásia. Essa linha marca a diferença na distribuição de muitas espécies de vertebrados e até hoje é um marco nos estudos de biogeografia. Anos mais tarde, por seus trabalhos no Brasil e na Malásia, Wallace ganharia o título de Pai da Biogeografia.

Caminhando nas florestas da Malásia, Wallace reconheceu ali uma imensidão de formas e, em seguida, teve uma ideia na qual as espécies poderiam se transformar ao longo do tempo. Assim, o que ele buscava em suas expedições perdidas do Brasil, ele encontraria nas florestas malaias. O mecanismo pelo qual as espécies evoluiriam seria a sobrevivência do mais apto, após uma luta pela sobrevivência. Ele intencionava apresentar sua ideia na Sociedade Lineana, um dos mais prestigiosos encontros científicos da época. Entretanto, como ele não era membro da sociedade, ele precisava de um aval de um dos membros da sociedade para tal apresentação (Papavero & Dos Santos, 2014).

Papavero e Dos Santos (2014) ainda relatam que Wallace enviou o texto para Darwin, como era de costume na época em 1858. Mesmo com o choque de se deparar com o texto que resumia perfeitamente suas ideias, Darwin não hesitou. Ele prontamente remeteu o texto à Sociedade Lineana para que fosse publicado nos anais e apresentado na reunião. Entretanto, os editores da Sociedade Lineana, Charles Lyell e Joseph Hooker, já sabiam há muito tempo das ideias de Darwin pois tinham lido um resumo que Darwin havia publicado em 1842. Os dois pesquisadores insistiram para que Darwin também submetesse suas ideias em um breve resumo e que ambos fossem apresentados na reunião. Darwin escreveu às pressas o resumo e encaminhou para a publicação nos anais. Entretanto, infelizmente, ele nunca chegou a apresentar na reunião, por conta da morte de seu filho Charles de febre escarlatina que havia acontecido alguns dias antes da reunião.

Apesar da aparente rivalidade nas ideias, Darwin e Wallace foram amigos o resto de suas vidas. Darwin escreveu uma carta para Wallace em 1870 *"...very few things in my life have been more satisfactory to me - that we have never felt any jealousy towards each other, though in one sense rivals."* (poucas coisas na minha vida me deram mais satisfação do que o fato que nunca sentimos inveja um do outro, apesar de rivais de algum sentido). A recepção de Wallace à história toda, lhe rendeu o título de *"...there is no more admirable character in the history of science."* (lhe

rendeu o título de personagem mais admirável na história da ciência) por Sir David Attenborough.

1.4.4. Gregor Mendel



Figura 11: Gregor Mendel.

<https://bit.ly/2lxiVXq> (Acesso em 09/08/2019)

Depois da publicação da *Origem das Espécies* e de vários outros livros, Darwin se deparou com um problema que era a origem da variação entre as espécies e a hereditariedade das variações. Este problema só seria resolvido com os trabalhos de Mendel, obras seminais para a Genética. Assim, Darwin acabou usando ideias de pangênese e de herança dos caracteres adquiridos, de Lamarck, para explicar a hereditariedade das características. Bizzo e El-Hani, em sua obra de 2009, relatam que Darwin teve contato com a obra de Mendel, mas não existe uma comprovação clara deste fato. De qualquer forma, Darwin e Mendel tinham perspectivas bem diferentes da origem das variações, onde Darwin era um defensor do modelo de variação gradual contínua, onde as partículas formavam unidade plásticas Mendel, por outro lado, trabalhava em cima do modelo de variação discreta com partículas mais estáveis.

Gregor Johann Mendel (1822-1884) (Figura 11), também conhecido como “pai da genética”, nasceu na Áustria e estudou no Instituto Filosófico da Universidade de Olmütz, dentro outras disciplinas: latim, filosofia, matemática, física e história natural. Entretanto, de origem humilde percebeu que uma forma de continuar seus estudos seria o monastério. Em 1843, ingressou no Mosteiro de Santo Tomás, em Brunn

região da Morávia onde se tornou padre e monge agostiniano em 1847, adotando o nome de Gregor (Leite et al, 2001).

Em 1802, um decreto imperial definiu que o mosteiro de Santo Tomás de Brunn deveria fornecer professores para as escolas austríacas. Para isso, Mendel precisaria ser aprovado por bancas de professores da Universidade de Viena, porém não foi aprovado, pois, segundo seus avaliadores, Mendel não possuía a visão dos geólogos e zoólogos da época. (Freire-Maia, 1995).

Mendel foi então mandado, pelos seus superiores da Ordem Agostiniana, à Universidade de Viena, onde ficou entre 1851 e 1853, estudando zoologia, botânica, paleontologia, física e matemática, para conseguir o certificado de professor. Porém, por causa de outro desentendimento com a banca examinadora, Mendel não conseguiu o grau de professor. Acabou sendo professor substituto de ciências da Escola Real de Brunn, por influência de seu Superior do convento Abade Franz Cyril Napp (1792- 1867) (Freire-maia, 1995). No monastério, Napp constrói para Mendel uma estufa, para incentivar as atividades de Mendel com botânica e para que continuasse as atividades que havia iniciado na graduação, além de incentivar Mendel a participar de eventos da sociedade científica da época (Brandão e Ferreira, 2009).

Freire-maia (1995) relata que um dos interesses de Mendel seria a evolução e o desenvolvimento dos híbridos de plantas ou animais. O conceito de Mendel sobre hibridismo era, na época, relativo a características variáveis dentro da mesma espécie – na época o conhecimento sobre hibridismo era um procedimento muito comum com o objetivo da busca por novas raças com uma certa característica desejada. Assim a ervilha da espécie *Pisum sativum*, que possuía variações bem contrastantes encontrada na natureza em seu estado puro, seria um modelo apropriado para o seu estudo.

Mendel utilizou em seus experimentos a abordagem utilizada pelos hibridizadores da época. Brandão e Ferreira (2009) relatam em seu artigo os passos da metodologia utilizada por Mendel:

- 1º passo: Obter plantas puras para os estados das características contrastantes;

- 2º passo: Fazer a polinização artificial – colocar o pólen de uma planta do estigma da outra planta, removendo as anteras produtoras de pólen;
- 3º passo: Observar o nascimento da prole obtida do cruzamento artificial e suas características;
- 4º passo: Fazer o cruzamento entre indivíduos da prole obtida;
- 5º passo: Observar o nascimento desta prole e as características obtidas.

Ao analisar uma característica por vez, Mendel chegou a uma primeira conclusão: O híbrido da primeira geração não era uma mistura dos pais e sim possuía o estado da característica de um dos dois genitores. Analisando a segunda geração, Mendel chegou à sua segunda conclusão: um dos estados da característica era mais abundante do que o outro, em uma proporção média de 3:1. Analisando duas características por vez, na maioria das vezes as proporções médias eram uniformes novamente (Brandão e Ferreira, 2009).

Em 1865, Mendel divulgou seus trabalhos sobre hereditariedade intitulado *Versuche über Pflanzenhybriden* (1865) (*Experimentos com plantas híbridas*). Ali, ele conclui a existência de unidades básicas da hereditariedade e como elas são transmitidas de uma geração a outra com as duas leis básicas da genética. Na primeira lei, Mendel diz que os gametas devem ter apenas um fator (gene), para cada característica a ser transmitida. Na segunda lei, ele diz que os fatores segregam independente na formação dos gametas, sendo assim que cada gameta somente possui um fator de cada par.

Outro dado importante gerado por Mendel é a notação de usar letras maiúsculas (A) para o fator dominante e letras minúsculas (a) para o fator recessivo. A observação nata, os registros precisos e o tratamento matemático deram muita credibilidade aos experimentos de Mendel. São tais experimentos que se tornaram base conceitual para a definição tanto das partículas físicas que continham a informação – os genes – quanto do modo de transmissão desses genes de uma geração a outra (cromossomos) (Martins, 1997).

Posner e Skutl (1968), em seu artigo, relatam que o trabalho de Mendel foi negligenciado durante muitos anos, mesmo Mendel tendo lido seu trabalho duas

vezes em 1865 para a Sociedade de História Natural de Brünnp para que o trabalho tivesse mais visibilidade. Freire-Maia (1995) relata em sua biografia de Mendel que havia pouquíssimas pessoas (em torno de 45), nas leituras de seu trabalho e que estas pessoas estariam profundamente desinteressadas, pois não houve perguntas, nem discussões, nada.

Alguns autores, dentre eles Michael H. MacRoberts (1985) apontam que os dados de Mendel não ficaram totalmente no ostracismo durante 35 anos. Este autor ressalta que existiriam duas possíveis causas para esta rejeição do trabalho pela comunidade científica:

- A primeira seria cognitiva ou racional, onde o trabalho de Mendel, segundo seus pares possuía: uma complexidade matemática, uma problemática prematura sem duplicação de pesquisas anteriores, uma compreensão falha de suas ideias –que gerava a rejeição consciente suas da proposta motivo da descrença.
- A segunda seria no campo não cognitivo, onde o fato de Mendel ser um amador em publicações científicas, sua modéstia, sua não notoriedade entre os cientistas da época, a falta de confiança na revista que ele publicou seu trabalho –as duas palestras foram publicadas no volume IV do *VerhandlungendesNaturforschendenVereins* em Brunn, revista não tão influente no meio científico da época (MacRoberts, 1985), além da influência de Darwin na época, teriam sido fatores relevantes para a não aceitação de suas ideias (Caroline Betisteti, et al, 2010).

Seu trabalho foi lembrado no início do século XX por Hugo de Vries (1848-1933), Carl Eric Correns (1864-1933) e Erich Von Tschermack-Seysenegg (1871-1932). Esta série desencadeou uma série de pesquisas nos dez anos seguintes procurando a validação dos estudos com variação de animais e vegetais (Martins, 1997).

A descoberta do trabalho de Mendel fez nascer um debate acalorado entre Mendelistas e Darwinistas até a síntese das duas ideias: uma característica contínua pode ter herança com base em partículas discretas, se esta for codificada por um número grande delas. Estava nascendo a Teoria Sintética da Evolução, ou Neodarwinismo (Ridley, 2009).

1.5. A Teoria Sintética da Evolução e o cenário atual

Com o retorno das ideias mendelianas no início do século XX, Ronald Fisher, J.B.S. Haldane e Sewal Wright, em vários de seus artigos, demonstraram, através de trabalhos com genética de populações, que a seleção natural poderia operar variações observáveis em populações naturais utilizando as leis da herança mendeliana. Além disso, a importância da deriva gênica (acaso) para a evolução de genes começou a ser percebida nesta época, principalmente, por Wright.

Entretanto, em um cenário adaptativo, a variação gênica deve ser baixa. Isso porque, uma vez que um alelo vantajoso venha a surgir, a seleção natural aumenta rapidamente sua frequência até que o alelo seja fixado, ou seja, toda a população se torna homozigota para o alelo vantajoso. Desta forma, em um cenário adaptativo, a variação gênica deveria ser baixa. Motoo Kimura enfatizou a importância da deriva gênica mediante a constatação de que a variabilidade gênica era de fato alta nas populações naturais (Lewontin&Hubby 1966).

Assim, surge o neutralismo ou a Teoria Neutralista da Evolução Molecular (Kimura 1968) (Mottola, 2011). De acordo com esta teoria, a variação genética que encontramos em populações naturais, na maioria das vezes é neutra e não seletiva (figura 12). Assim a deriva genética assume uma importância sem precedentes em contraponto com a Teoria Seleccionista que, além de dar todo o crédito ao mecanismo de seleção natural, aponta que a maior parte das mutações são seletivamente vantajosas (Russo, 1995).



Figura 12: Debate das teorias Neutralista e Seleccionista que regula na importância da deriva genética (neutralismo) e da seleção natural (seleccionismo) em relação a variação genética. <https://bit.ly/2ktQVUI> (Acesso em 09/08/2019).

Outro conceito evolutivo importante é o de relógio molecular que foi formulado um pouco antes da teoria neutralista e foi o motivador que Kimura necessitava para propor sua teoria. Russo (1995) enfatiza que a teoria do relógio molecular sugere que a taxa de evolução molecular (ou seja, a taxa de substituição de uma base por outra ou de um aminoácido por outro) seja relativamente constante ao longo de tempo, se considerarmos um único gene. Isso acontece porque a função de um gene, e, portanto, a pressão seletiva sobre ele, deve ser relativamente constante ao longo do tempo. Tais substituições podem ser quantificadas entre pares de espécies e, portanto, podemos ter uma ideia relativa da diferença relativa do tempo dos eventos de especiação entre os pares de espécies.

Além disso, segundo a teoria do relógio molecular, o número de trocas em relação ao ancestral deve ser equivalente em duas linhagens descendentes, com isso, a estimativa de filogenias com base em características moleculares seria mais adequada do que usando características morfológicas. Isso porque características morfológicas, mesmo segundo Kimura, são regidas pela evolução adaptativa, gerando convergências que mascaram as relações filogenéticas (Ridley, 2009 p.194).

A associação entre a filogenia e a taxonomia, hoje denominada Sistemática Filogenética, foi originalmente proposta por Darwin na Origem das Espécies quando ele menciona: *"I believethatthe arrangement of groups in each class, according to their relationships and degree of mutual subordination, must, to be natural,*

bestriclygenealogical”(Creio que o arranjo dos grupos em cada classe, segundo as suas relações e o seu grau de subordinaçãomútuo, deva, para ser natural, ser rigorosamente genealógico) (Darwin, 1859).

Entretanto, tal ideia permaneceu desconhecida até o trabalho de WilliHennig em 1950. Neste livro, Hennig propõe ainda a metodologia, a cladística, que deve ser usada para estabelecimento da sistemática filogenética. Esta proposta indica que a melhor classificação para um grupo de seres vivos é aquela que reflete a história (evolutiva ou genealógica) do grupo que está sendo classificado tendo como referencial da ancestralidade comum (Amorim, 2002). Russo (1995) aponta que a utilização de caracteres moleculares em detrimentos de morfológicos é mais fidedigna e vantajosa, haja vista que, é possível reconstruir filogenias através dos genes compartilhados por diversas espécies em seus genomas.

1.6. Os movimentos de pseudociência

A ciência pode ser considerada como um conjunto de leis e teorias explicativas de fatos e fenômenos naturais que é construído com base em uma metodologia formal que é o método científico. Assim, a ciência são duas coisas: é o corpo de conhecimento científico e a metodologia usada para estabelecer tais leis explicativas (Russo &Andre 2019). A ciência, desta forma, explica a realidade natural, apresentando estruturas formais para produzir e disseminar os conhecimentos produzidos pelos pesquisadores (Bazi& Silveira 2007). Bunge (1969) indica que o saber científico forma um conjunto lógico e articulado de ideias, com sua espinha dorsal sendo as teorias que o sustentam.

A educação científica no Brasil tem como anseio maior o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo em todos os seus níveis. A preparação do estudante para lidar com as constantes mudanças no desenvolvimento das tecnologias científicas tem como favor uma preparação para que os educandos possam desenvolver competências contribuindo para o seu processo de ensino aprendizagem. O papel da escola é promover metodologias adequadas para que o processo de ensino aprendizagem sejam bem contextualizados e inscritos na dinâmica da vida humana (BRASIL, 2002).

Fernández-Ninõ e Baquero (2019) afirmam que existe um movimento anti-intelectualista que converge para o fortalecimento da pseudociência. Segundo os autores, este movimento é antigo e se concentra em ataques sem bases lógicas advindos de grupos com interesse primário religioso, político e até econômico. Os objetivos desses grupos seriam o controle de interesses econômicos ou políticos que as conclusões de estudos científicos possam atrapalhar, levando principalmente a um descrédito das instituições científicas, com consequências devastadoras.

O movimento da pseudociência hoje está com uma força ainda maior, pois vivemos em um mundo onde a informação é muito rápida e de muito fácil veiculação através da internet e, principalmente, nas chamadas redes sociais. Os movimentos da Terra Plana e do anti-vacinas são exemplos de ideias pseudocientíficas reproduzidas muitas vezes em inúmeras páginas da rede mundial que ganham cada vez mais adeptos ao longo dos anos e que deveriam ser discutidas em debates críticos (Fernandez-Niño&Barquero 2019).

Forato e colaboradores (2011) estabelecem a importância dentro do currículo escolar da inclusão da história da ciência que poderia conferir ao estudante uma melhor noção da natureza da ciência, em um contexto histórico. Com isso, estaria proporcionando uma compreensão melhor de como o conhecimento científico é construído, o que possibilita uma reflexão mais crítica sobre o conhecimento científico. Chevallard (1991) coloca a ciência como uma atividade humana e como tal é contextualizada com seu entorno político, social e cultural.

Karl Popper (1902-1994), filósofo da ciência, em seu livro *A lógica da pesquisa científica* (2004), coloca que a ciência nunca revela a verdade e que o saber científico nunca é provado ou validado. O conhecimento científico é baseado em teorias explicativas de fenômenos naturais (Russo&Andre 2019). Tais teorias devem, necessariamente, apresentar poder preditivo que elas devem ser repetidamente confrontadas por novos experimentos desenhados de forma a testar tais previsões. O saber científico, neste sentido, deve sempre ser colocado à prova em um sentido negativo, ou seja, com a eterna chance de ser tornar falso (Lei da Falseabilidade). Assim, todo sistema empírico deve ser possível de refutação através de uma experimentação. O processo de construção do conhecimento científico é renovador, na medida em que descarta teorias explicativas que foram falseadas, abrindo espaço para novas teorias explicativas.

Venezuela (2008) reflete sobre a relação entre ciência e pseudociência com alunos de ensino médio, colocando em foco que uma discussão crítica sobre o tema é muito salutar desenvolvendo uma construção sobre a importância do método científico. Além disso, tal discussão vai estimular uma visão mais cética das questões que envolvem a pseudociências, levando o aluno a ter uma visão do mundo mais próxima da verdade, podendo tomar decisões mais críticas no seu cotidiano em relação a temas duvidosos em nível científico.

1.7. O ensino de evolução nas escolas brasileiras

A Teoria da Evolução é hoje um dos pilares mais utilizados da educação e alfabetização científicas (Yates& Marek 2014). Segundo Mottola (2011), professores e alunos do Ensino Médio têm concepções falaciosas sobre aspectos importantes da Teoria Evolutiva, percebendo equivocadamente a evolução como direcional, linear, progressista, como um fenômeno individual e não populacional. Esse autor ainda relata que conflitos relacionados a crenças religiosas também podem agravar tal cenário e dificultar ainda mais a compreensão da teoria da evolução. Neste sentido, diante da dificuldade do tema e da animosidade dos alunos, professores tendem a trabalhar o tema evolução de maneira superficial, evitando confrontos. Pela sua universalidade e dimensionalidade temporal, a teoria evolutiva tem implicações estruturais para as ciências da vida. Assim, não é possível compreender mesmo as suas bases de conhecimento, sem o tempo e a dedicação necessários para isso. Isso gera um ciclo vicioso no qual alunos com formação deficiente, também vão passar rapidamente pelo tema com seus próprios alunos ao se tornarem professores (Russo&Andre 2019).

Araújo Porto e Moraes Falcão (2010) apontam em seu trabalho *Teorias da origem e evolução da vida: dilemas e desafios no Ensino Médio*, a influência do pensamento religioso nos temas origem da vida e evolução biológica. Nesse sentido, eles percebem uma tendência de referência ao pensamento religioso, sem desmerecer o científico, associando-os como coautores dos fenômenos evolutivos e de origem da vida. Isso gera uma certa confusão na compreensão de ambos e nos seus lugares no pensamento histórico. Esses autores apontam ainda que este discurso é muito comum na faixa etária dos estudantes (adolescência), etapa onde

imperava o desenvolvimento tanto psicológico e biológico, o que pode ser a explicação para as contradições em suas opiniões sobre os temas propostos.

Ainda neste aspecto da influência religiosa no pensamento científico Costa e colaboradores (2011) chegam às mesmas conclusões em relação à dinâmica de uma transição da explicação criacionista para uma abordagem evolucionista. Porém, esses últimos consideram que a problemática, dentre outras coisas, está no desconhecimento dos processos evolutivos (mutação e seleção natural, por exemplo), sendo eles, fatores-chave para o entendimento da evolução como um processo científico de explicação de biodiversidade. Neste sentido, eles acabam aceitando a explicação metafísica do criacionismo como sendo o protagonismo do pensamento evolutivo.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), existe uma recomendação para que o eixo ecologia-evolução, seja um eixo transversal para todas as ciências biológicas (BRASIL, 2006, p. 22). Neste sentido, a própria teoria evolutiva deveria ser encarada como um destes eixos norteadores, que perpassam pela formação do professor, ajustamento do currículo e adequação do livro didático.

1.8. Os Jogos como estratégias metodológicas

Coswosk e colaboradores (2016) relatam que fatores religiosos, má formação docente e falhas conceituais nos livros didáticos, dificultam o aprendizado dos conceitos evolutivos, como já apontado anteriormente. Esses autores mencionam ainda que uma maneira interessante de confrontar tais problemas seria a utilização de jogos como estratégia pedagógica para as aulas de evolução. Campos et al. (2003) também considera que a atividade lúdica aumenta o entusiasmo dos alunos na busca do aprender. Russo e Voloch (2009) discutem que, de fato, jogos são ferramentas ideais de aprendizagem, na medida em que estimulam o interesse do aluno, desenvolvem experiência pessoal e social e ajudam a construir suas novas descobertas.

Por exemplo, Oliveira e colaboradores (2008), no jogo: *Galápagos: a extinção e irradiação de espécies na construção da diversidade biológica*, ressaltam uma carência de metodologias práticas para o ensino de conteúdos relacionados a evolução. Tais autores apontam os modelos de simulação como alternativas viáveis

para alcançar um melhor rendimento na compreensão pelos alunos. Nesse sentido, utilizar tais estratégias metodológicas no trabalho *com os estudantes* se torna crítico nas diferentes etapas da educação básica. Este seria um caminho importante para construir um pensamento crítico e investigativo do estudante em relação a ciências de uma maneira geral e a evolução especificamente.

Silva Neto (2017) relata que os jogos são intrínsecos da natureza da civilização humana relacionados a brincadeiras. Sendo de criação milenar na história da humanidade – como o jogo Go criado a 2.500 anos pelos chineses. Os jogos conseguem agrupar as pessoas em torno de um objetivo, sendo proporcionado através de tabuleiros, cartas, etc. Johan Huizinga, em seu livro *Homo ludens: o jogo como elemento de cultura* (1938), retrata que o ser humano pode estar indo em direção a uma nova espécie de humano, o *Homo ludens* (homem que brinca). Neste livro, o autor define jogos são atividades de ocupação voluntária, que seguem regras obrigatórias, possuem limites de tempo e de espaço e intercalam sentimentos de tensão e de alegria.

O escritor Roger Caillois publicou em 1958a obra *Lesjeux et leshommes* (*Os jogos e os homens*), revisada em 1967, e que serve de referência para o estudo dos jogos. Nesta obra, o jogo é descrito como uma atividade reveladora não apenas da civilização em que se desenvolve, mas também da natureza humana. O autor também propõe uma classificação interessante de jogos (livre, delimitada, incerta, improdutiva, regulamentada e fictícia). Em um jogo podem ser encontrados pelo menos um dos quatro tipos de jogos a seguir: de competição (Agôn), de acaso (Alea), de simulacro (Mimicry) e os de vertigem (Ilinx).

Clark Abt, em seu livro *Serious Games* de 1970, defende que os jogos didáticos são importantes instrumentos para ser utilizados em educação. O autor menciona que jogos são estratégias que condicionam os participantes a uma retirada de posições sociais do mundo real conseguindo modos de inter-relacionamento mais eficazes entre os alunos. O autor continua apresentando que tais estratégias podem recriar representações de situações reais, o que levaria os estudantes a simular estratégias, tomarem decisões, assumindo papéis e encarando problemas com modelos de decisões que podem ser discutidos a final do jogo. Em um jogo, os alunos são constantemente testados, o que não é muito diferente de uma sala de aula. Por outro lado, ao jogar, os alunos seguem regras e aprendem

com seus erros em um processo iminentemente auto-avaliativo, o que difere de uma avaliação tradicional ao final de um bimestre (Silva Neto 2017).

Falkembach (2006) lista os tipos de jogos segundo algumas características como:

- Jogos de estratégia: focam na sabedoria e na habilidade do usuário que utiliza estes critérios para estabelecer capacidade de resolver problemas durante o jogo;
- Jogos de ação: são tipos de jogos onde o jogador deve utilizar sua coordenação motora e rapidez de pensamento para reagir a situações problema;
- Jogos lógicos: são jogos onde as estratégias mentais são mais priorizadas;
- Jogos de aventura: se caracteriza pelo controle do ambiente do jogo;
- Jogos interativos: utilizam simulações para interagir ambientes diferentes;
- Jogos de treino e prática: são utilizados quando o conteúdo necessita de memorização e repetição;
- Jogos de simulação: Simulam uma situação de ambiente real. Importantes para situar o jogador ao ambiente em seu entorno;
- Jogos de adivinhar: formados por charadas onde o jogador, a partir de dicas tenta adivinhar o que se pede;

John Beck e MichellWade (2006) mostraram que as crianças conseguem construir vantagens cognitivas através do uso de jogos o que contribui para a formação de um cidadão pleno, ou seja, aquele cidadão com uma visão crítica sobre o mundo a sua volta. De fato, os autores mostram que as crianças que jogam são mais sociais, leais a grupos, têm melhor relacionamento social e uma boa iniciativa com tomadas de decisões. Quando uma criança joga um jogo, ela pode refletir sobre como chegar ao fim de uma fase. Esses autores ainda colocam que um jogo é construído pela influência do jogador - que faz parte significativa do jogo - e como o ambiente da escola de hoje não é para muitos um ambiente ideal para inovação, temos uma grande parcela dos nossos alunos, utilizando seu protagonismo como jogador, jogando jogos comerciais fora da escola (Beck&Wade 2006).

Campos e colaboradores (2003) consideram que a aprendizagem significativa e a apropriação de conhecimentos são facilitadas pelas atividades lúdicas. O entusiasmo dos alunos em ter a oportunidade de participar de uma proposta educativa mais interativa e divertida determina uma aprendizagem mais significativa. Nesta ótica, o jogo não é um fim, mas o eixo que conduz a um conteúdo didático específico, tendo a ação lúdica como um processo de aquisição de informações (Kishimoto 1996). Pedroso (2009) ressalta o fato de que o jogo deve estar embasado por uma metodologia clara, com objetivos expostos de forma que o professor tenha segurança que tais objetivos estejam sendo alcançados ao longo da implementação do jogo. A autora destaca ainda que os jogos não devem ser apenas lúdicos, mas também educativos.

Zuanone e colaboradores (2010) apontam que o aluno do Ensino Médio tende a criar laços em um ambiente que perfaz o espaço escolar onde busca segurança e afirmação. Assim abordar os conteúdos escolares com recursos didáticos que favorecem uma socialização, bem como, atividades motivacionais, fortalece o desenvolvimento afetivo e cognitivo do aluno. Como um estímulo ao aluno, o jogo recebe crédito de uma ferramenta ideal para o processo de ensino aprendizagem, pois estimula o interesse do aluno, desenvolve uma experiência pessoal e social, desenvolve a empatia e personalidade, ajudando-o a construir novas descobertas (Campos et al. 2003). As autoras ainda relacionam o caráter facilitador do jogo na construção do conhecimento científico.

Campos e colaboradores (2003) percebem o jogo didático como uma importante ferramenta para o professor, pois desenvolve a capacidade de resolução de problemas, favorecendo a construção de conceitos e fornecendo, através das inter-relações, uma aproximação com a realidade do aluno sendo mais prazerosa esta forma de construção do aprendizado. Muitos pesquisadores apontam que, no Brasil, apesar de sermos um país com pouca tradição criacionista comparado aos Estados Unidos, nossa população possui uma forte influência não científica nas ciências naturais (Tidon & Vieira 2009). Para estes autores, a inclusão do ser humano na natureza é uma tarefa de difícil compreensão para a maioria das pessoas. Neste sentido, tais atividades seriam fundamentais para o ensino de Biologia, haja vista que, muitas vezes o conteúdo envolve temas de grande abstração e de difícil

compreensão para os alunos, o que pode se tornar fator desmotivador e dispensor de interesse.

1.9. O ensino investigativo como ferramenta didática

Também conhecido como *inquiry* ou ensino por descoberta, o ensino investigativo envolve aprendizagem por projetos, questionamentos, resolução de problemas, sendo inserido no modelo de metodologias ativas (Zômpero&Lamburo 2011). Os autores ainda apontam que o ensino com base na investigação aprimora o raciocínio e as habilidades cognitivas dos alunos. Assim, tal abordagem tende a aumentar a cooperação entre eles, possibilitando uma compreensão melhor dos conceitos científicos e da natureza da ciência. As situações-problema são as premissas para os alunos mergulharem em análise de fatos e informações, levantar dados, desenvolver hipóteses, testar hipóteses e chegar a uma conclusão sobre determinado fato, seguindo uma metodologia parecida com o método científico. Solinoe colaboradores (2015) defendem que os estudantes precisam do contato com temas de discussão científica, participando do debate e de ações que permitem uma resolução de problemas e construção de explicações.

No BNCC (Base Nacional Curricular Comum), os elaboradores destacam a dimensão investigativa da ciência, como destaque na área, promovendo metodologias de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (BRASIL, 2018, p 550). Assim a BNCC incentiva a realização de propostas voltadas para o ensino investigativo com o objetivo de o aluno aprimorar habilidades de observação de fatos, registrando-os e o capacitando para a resolução de problemas (BRASIL, 2018, p.9).

Azevedo (2004), por outro lado, reflete que o aluno pode adquirir uma postura diferente em sala de aula quando se utiliza a metodologia investigativa. Desta forma, ele sai de um estado passivo de ouvinte para uma abordagem ativa na construção do conhecimento, sabendo como relacionar o objeto de estudo com seu cotidiano

investigando e buscando uma explicação para o resultado das suas interações. O autor relata ainda que a investigação deve ser claramente definida, de modo que ele saiba o porquê de se investigar tal fenômeno. O professor tem um papel importantíssimo na construção com os alunos na passagem do saber cotidiano para o saber científico, utilizando a investigação e questionamentos acerca do fenômeno. Sendo assim, os alunos se sentem estimulados a uma participação ativa, tornando-se, assim, esse procedimento um diferencial para as aulas e um importante fator para a aprendizagem (Azevedo 2004).

Silva, Sasson e Caldine (2016) se referem ao papel do professor em uma abordagem investigativa como o facilitador do processo de ensino aprendizagem. A contextualização e a seleção de conteúdos significativos para a vida do aluno e sua experiência são importantes para que ele manifeste seus conhecimentos prévios sobre o assunto. Neste sentido, diante da problematização da situação pelo professor, o aluno percebe que seus saberes prévios sobre a situação/problema são insuficientes para a resolução, motivando-o a buscar ativamente mais informação sobre a situação/problema. Ainda sobre o caráter facilitador diante da situação/problema do aluno, o professor deve propor experimentos, orientação da pesquisa em fontes confiáveis – com o caráter de evitar *fakenews* – coletivizar o trabalho, organizar o conhecimento, promover discussões e orientar conclusões.

Na perspectiva do ensino investigativo, o professor é levado a aceitar um desafio de formular sua prática diária introduzindo o aluno como artífice de seu processo de ensino aprendizagem fomentando nele, através de desafios e estímulos, a busca da resolução das situações-problema. Neste sentido, é necessário também que o professor tenha uma mediação eficiente capaz de analisar as características individuais dos alunos dentro do coletivo, para que todos e cada um deles venham a desenvolver aspectos de autonomia de aprendizagem. Em conclusão, o ensino investigativo se torna uma estratégia que tem como objetivo fazer com que os alunos pensem, questionem e discutam temas em sala de aula, utilizando situações-problemas ou atividades de investigação, como por exemplo, os jogos investigativos. Sendo desenvolvido, aprimorado e elaborado o conhecimento do aluno retirando o estigma do aluno *receptor das informações*. A contribuição na compreensão de notícias relacionadas ao tema investigado e discutido, possibilita

que os alunos possam ter uma visão crítica e autônoma daquele tema perante a sociedade.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver como produto um jogo de cartas do tipo Perfil®, de caráter investigativo, para o ensino de evolução biológica na disciplina de biologia para alunos da educação básica no segmento do Ensino Médio.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1. Construir no jogador, a partir de dicas selecionadas, as bases teóricas do arcabouço conceitual da teoria evolutiva;

2.2.2. Demonstrar para o jogador, de forma lúdica e direta, as evidências que sustentam a Teoria da Evolução;

2.2.3. Desenvolver no jogador as bases para uma visão crítica e um posicionamento no debate evolução x criacionismo e, ciência x religião;

2.2.4. Estabelecer no jogador a importância dos pensamentos científicos e religiosos, como visões diferentes, mas compatíveis do pensamento humano.

3. METODOLOGIA

3.1. A pré-história do jogo *À Luz da Evolução*

Os conteúdos de evolução no Ensino Médio (EM) estão condensados na primeira série do Ensino Médio (EM), segundo o Currículo Mínimo do Ensino Médio Estado do Rio de Janeiro, documento que norteia a aplicação dos conteúdos pelos professores. Entretanto, neste Currículo Mínimo de Biologia, alguns conteúdos, que são pré-requisitos para um bom entendimento do processo evolutivo, são apresentados para o aluno mais adiante. Um exemplo são os conteúdos de genética que são apresentados apenas na terceira série do Ensino Médio. Além disso, o ímpeto decorrente da faixa etária e a explosão da corrente anti-ciência nas realidades sociais dificultam o trabalho do professor de biologia no Ensino Médio, como já mencionei.

Assim, em busca de alternativas para facilitar a compreensão dos processos evolutivos, a proposta deste TCM foca na construção de um jogo de cartas sobre evolução contendo uma palavra chave e dicas para adivinhá-la no estilo do jogo Perfil® da Grow. De acordo com Campos e colaboradores (2003), o uso de jogos em sala de aula promove a participação e estimula a aprendizagem ativa e autônoma dos alunos. Neste cenário, o professor se coloca como mediador dos conceitos descobertos durante o jogo.

O jogo original (Perfil® da Grow) é um jogo de cartas com uma palavra chave de três tipos: lugares, pessoas, coisas. Neste jogo, cada carta disponibiliza 20 dicas de forma a ajudar o jogador a adivinhar a palavra chave sem qualquer ordem relacionada com a dificuldade. Podem jogar ao mesmo tempo até cinco jogadores, porém somente o jogador da rodada tem direito de responder a carta. Existe também um tabuleiro com uma trilha, na qual cada jogador posiciona sua peça em certa “competição” para chegar ao final da trilha. O critério, estabelecido a cada rodada, é que o jogador que tiver acertado a resposta com menos dicas lidas, irá andar mais na trilha e terá mais chances de vencer o jogo.

3.2. A base conceitual do jogo *À Luz da Evolução*

O jogo deste TCM se estrutura nas bases teóricas e nas contribuições dos grandes pensadores da Teoria da Evolução. Como no jogo original, a ideia é adivinhar a palavra-chave de cada carta (chamada de carta-chave). Existem dois tipos de cartas-chave: as cartas conceitos e as cartas cientistas. Assim, se a carta da jogada é uma carta cientista, os jogadores devem, partindo de dicas de sua biografia e das contribuições teóricas daquele pesquisador, adivinhar qual o cientista em questão. As cartas conceitos, por outro lado, apresentam um conceito fundamental com dicas para que o jogador consiga adivinhá-lo. O jogo foca nos conceitual básico da Teoria da Evolução, usando cientistas importantes para a construção do pensamento evolutivo, conceitos de seleção natural, deriva gênica, mutação, anagênese, cladogênese, especiação, sistemática filogenética, dentre outros, bem como, a demonstração da ocorrência de evidências que corroboram a teoria evolutiva.

O jogo *À luz da evolução* se propõe a incentivar o processo complexo de construção do pensamento evolutivo, e pode ser usado ao longo dos três anos do ensino médio. Por apresentar cartas individualizadas, o jogo apresenta um caráter gradual, podendo ser jogado de acordo com o currículo (para reforço), mais adiantado (para incrementação) e mais atrasado (para revisão) do conteúdo. De acordo com o planejamento adequado pelo professor, o jogo se torna de fácil utilização e adaptável ao currículo escolar em uso. Esta característica maleável do uso da metodologia vem de acordo com o objetivo principal do jogo que é estabelecer o caráter conciliador e básico da evolução biológica na construção do conhecimento biológico. A adivinhação a partir de dicas tece as bases para que o ensino e a aprendizagem aconteçam de forma investigativa no decorrer da atividade, se ocupando da discussão com os seus pares e dos conhecimentos prévios sobre o tema. Neste sentido, o professor tem um papel de mediador e de sanador das eventuais dúvidas que surgirem.

3.3. Um Resumo do jogo *À Luz da Evolução*

- O jogo consiste em um jogo de cartas para alunos a partir de 15 anos de idade. O professor deverá dividir a turma em equipes de cinco a seis jogadores alunos de qualquer série do Ensino Médio.

- O jogo possui como material básico 30 CARTAS CHAVES e 15 CARTAS ATALHO. Cada carta-chave tem um conceito ou uma personalidade que é relacionada com evolução, além de dez dicas em ordem decrescente de dificuldade. Com uma carta atalho, uma equipe pode fazer seu palpite fora da vez.
- O critério para se conseguir os pontos é, a cada rodada de cartas, a equipe acertar a palavra chave com o menor número de dicas. O objetivo ao final do jogo é ser a equipe com maior número de pontos.

3.4. O jogo *À Luz da Evolução*

A divisão da turma seria também um critério do professor. Levando em consideração uma média de 40 alunos por sala, grupos de cinco alunos seriam bem administrados pelo moderador possibilitando ainda uma discussão melhor entre os membros do grupo.

Depois de separar as equipes, o professor moderador explica a dinâmica do jogo principalmente a função de cada carta. Em seguida, o moderador seleciona as cartas-chave que irão compor as rodadas do jogo, segue-se um sorteio para se estabelecer qual equipe iniciará o jogo. O moderador, então, embaralha as cartas-chaves escolhidas e retira, aleatoriamente, uma das cartas para ser lida a primeira dica para a equipe que foi a primeira no sorteio.

O jogo tem início com um sorteio de quem será a primeira equipe a responder mediante a primeira dica da carta-chave. O tempo de jogo fica a critério do professor moderador, mas dois tempos de aula de 50 minutos cada seria ideal para o jogo e o debate subsequente. Todas as equipes devem ter sua vez de iniciar uma rodada. Assim, se o moderador dividir a turma em 8 equipes, serão necessárias oito rodadas de jogo.

Cada rodada tem uma carta chave e os grupos terão que descobrir qual a palavra chave que esta representada pela carta usando para isso as dicas lidas pelo moderador. Desta forma, a rodada é o tempo de jogo em que o moderador leva para ler todas as dicas de uma determinada carta chave. Aquele grupo que descobre a palavra chave com o menor número de dicas recebe uma maior pontuação. Se todas as equipes já tiverem dado o seu palpite sobre a palavra chave, e as dicas não

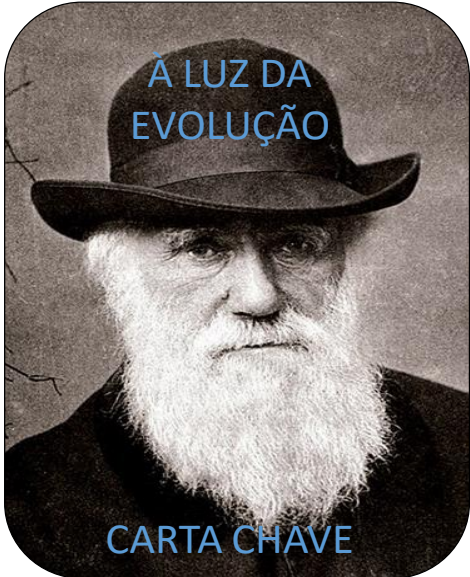
tiverem terminado, o moderador lerá as dicas faltantes antes de iniciar a discussão sobre a palavra chave e as dicas.

Além da carta chave, lida a cada rodada, a equipe receberá algumas cartas atalho que poderão ser utilizadas em algumas rodadas. A estratégia da carta atalho será detalhada mais adiante, porém esta carta confere a equipe vantagem na ordem de disposição de sua resposta na rodada, podendo responder fora da sua vez, tendo a chance de ganhar mais pontos naquela rodada. Por exemplo: se houver oito rodadas de cartas, cada grupo responderá a oito cartas chave, mas terá apenas quatro cartas atalho. O moderador pode usar um bloco de anotações ou o quadro para anotar as equipes e as pontuações.

3.5. As Cartas do Jogo

As cartas do jogo estão divididas em dois grupos de cartas: as cartas-chave e as cartas-atalho. As cartas-chave são as cartas que possuem a palavra-chave (a ser descoberta) e as dez dicas que serão lidas pelo mediador. As dicas seguem um critério de nível de dificuldade onde a primeira dica é a mais difícil e a décima dica a mais fácil. As últimas dicas geralmente envolvem dicas relacionadas aos conteúdos ensinados no Ensino Fundamental e de conhecimento geral. As primeiras dicas envolvem conteúdos mais complexos ou de conhecimento mais restrito, como de graduação ou até de pós-graduação.

Existem dois tipos de cartas-chave: a carta-personalidade e a carta-conceito que serão detalhadas mais adiante. A carta-conceito (Figura 13) está relacionada com algum conceito relacionado à biologia evolutiva.



CONCEITO
EVOLUÇÃO

1. Sem variação eu não existo.
2. Apareci com o primeiro ser vivo.
3. Não tenho um objetivo nem propósito.
4. Minha matéria prima é a mutação.
5. Sou um conceito populacional, não sou aplicável a indivíduos.
6. Quando atuo no genoma, a minha maior força é o acaso também chamada de deriva gênica.
7. Não devo ser confundida com progresso.
8. Existem dois processos que transformam ao longo do tempo, o desenvolvimento de um indivíduo do ovo até o adulto e eu.
9. Charles Darwin foi um ferrenho defensor de minhas ideias.
10. Minha força mais conhecida é a seleção natural.

GRAU DE DIFICULDADE

Figura 13: Carta-chave do tipo Carta-conceito indicando o grau de dificuldade das dicas.

Por outro lado, a carta-personalidade (Figura 14) é referente a algum pesquisador famoso que está, de alguma forma, envolvido com o pensamento evolutivo.



PERSONALIDADE

CHARLES DARWIN

1. Quando jovem, meu pai queria que eu fosse médico como ele, mas eu gosto de biologia.
2. Tive um papel, junto com Copérnico, na descida dos humanos do grande pedestal em que viviam.
3. Usei os trabalhos de Thomas Malthus e Charles Lyell para a minha teoria.
4. Fui o início de uma revolução sem precedentes sobre como nos vemos no mundo.
5. Levei 20 anos para publicar minha pesquisa.
6. Fui proponente do mais evidente processo evolutivo.
7. Viajei durante 5 anos pelo mundo todo coletando dados para a minha pesquisa.
8. Em Galápagos, eu estudei os tentilhões e os iguanas marinhos.
9. Meu livro, escrito há mais de duzentos anos, é a base da biologia moderna.
10. Sou um pesquisador inglês.

GRAU DE DIFICULDADE

Figura 14: Carta-chave do tipo Carta-personalidade indicando o grau de dificuldade das dicas.

A Carta-atalho (Figura 15) é uma carta que o moderador entregará as equipes e que permite a equipe apresentar seu palpite fora de sua vez de jogar, podendo apresentar seu palpite depois da equipe da vez. Como os grupos só recebem metade do número de rodadas em cartas atalhos, o uso desta carta requer certa estratégia por parte da equipe, haja vista que, a equipe deverá estar segura do palpite para realmente usá-la.

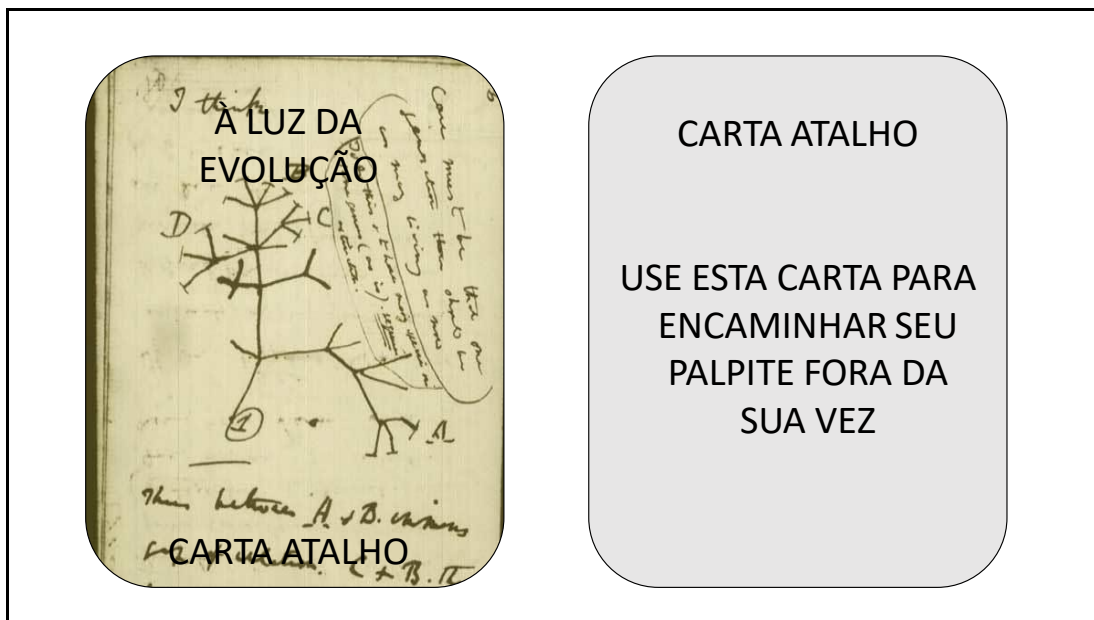


Figura15: Carta-atalho.

No início do jogo, o moderador escolherá as cartas-chave mediante dois critérios: o número de equipes formadas considerando que todas as equipes têm que iniciar uma rodada; e o nível de conhecimento mediante a série/ano/currículo onde está sendo realizado o jogo. Esta preparação do mediador é fundamental para não se pular etapas no processo gradual de ensino aprendizagem do aluno. As cartas que compõe o jogo estão descritas adiante.

3.6. A dinâmica de uma rodada

Antes de ler a primeira dica da carta-chave, o moderador indica o tipo de carta-chave é aquela (carta-personalidade ou carta-conceito), em seguida, ele lê a primeira dica da carta escolhida para a primeira equipe. No momento da primeira dica de cada carta – em cada rodada – não se pode utilizar a carta-atalho, sendo que somente a equipe que inicia cada rodada, terá a chance de responder à primeira dica. Para a equipe responder, o seu palpite tem que ser entregue em um pedaço de papel – que pode ser distribuído antes de começar as rodadas – que vai incluir também o número da última dica que foi lida para a correta contabilização.

Após a primeira dica ter sido lida, o moderador segue a leitura da segunda dica para a segunda equipe da rodada, e depois da terceira para a terceira equipe e

assim por diante. Após a primeira dica ser lida, as demais equipes podem utilizar – se quiserem responder fora da sua vez – as cartas-atalho, tendo mais chances de conseguirem mais pontos do que se tiverem que esperar sua vez. Como o palpite é encaminhado por escrito, a rodada continua até que todas as equipes tenham entregado seus palpites.

Assim, mais de uma equipe pode dar o palpite em cada rodada, mas, para isso, as equipes têm que utilizar a carta-atalho se não for sua vez. Mesmo que todas as equipes já tiverem encaminhado seus palpites, o moderador vai ler todas as dicas restantes até a última de forma que o processo de aprendizagem chegue ao final. Cada rodada termina após a entrega dos palpites por todas as equipes. Em seguida, o moderador conduzirá a leitura dos palpites das equipes e inicia uma discussão, finalizando com as pontuações de cada equipe. A segunda rodada inicia a partir da equipe seguinte à equipe que iniciou na primeira rodada até que todas as equipes tenham iniciado uma das rodadas.

3.7. Pontuação

A pontuação irá ocorrer de acordo com o acerto das palavras-chave correspondentes as cartas-chaves de cada rodada. Sendo a pontuação decrescente a ordem de leitura das dicas das, haja vista que, se a equipe acerta a palavra-chave com um menor número de dicas ela receberá uma pontuação maior. O critério de pontuação discorre da seguinte maneira:

- Palpite correto com uma dica: 10 pontos;
- Palpite correto com duas dicas: 9 pontos;
- Palpite correto com três dicas: 8 pontos;
- Palpite correto com quatro dicas: 7 pontos;
- Palpite correto com cinco dicas: 6 pontos;
- Palpite correto com seis dicas: 5 pontos;
- Palpite correto com sete dicas: 4 pontos;
- Palpite correto com oito dicas: 3 pontos;
- Palpite correto com nove dicas: 2 pontos;

- Palpite correto com 10 dicas: 1 ponto.

A cada entrega do palpite, o moderador deve conferir o número da última dica já mencionada para pontuar corretamente a equipe caso tenha acertado. Em cada rodada, a equipe que responder com menor número de dicas receberá uma maior pontuação, assim, ao final de todas as rodadas a equipe que acumular uma maior pontuação será a vencedora. A pontuação pode ser acumulada pelo moderador em uma planilha que poderá obedecer aos critérios do quadro abaixo:

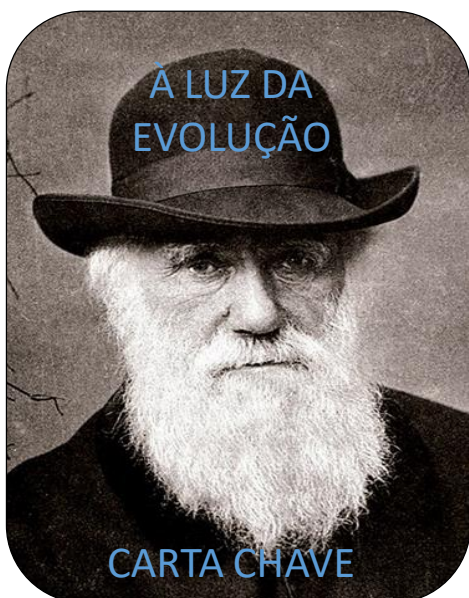
Tabela 1: Sugestão para tabela de pontuação.

	Carta chave 1	Carta- chave 2	Carta chave 3	Carta chave 4	Carta chave 5	TOTAL
Equipe 1						
Equipe 2						
Equipe 3						
Equipe 4						
Equipe 5						

4. RESULTADOS

As dicas das cartas-chave foram levantadas levando em consideração o arcabouço conceitual de cada conceito associado, bem como de ser uma estratégia pedagógica na busca de um ensino de caráter investigativo em relação a temática do ensino de evolução biológica.

Vida



CONCEITO
VIDA

1. Quando um cientista estuda meus amigos fora da Terra chamamos de exobiologia.
2. Minhas propriedades básicas são: mutação, reprodução e herança.
3. Pesquisadores divergem sobre a minha abrangência.
4. O primeiro de mim deu origem à explosão biológica.
5. Existe um debate: o primeiro de mim tinha metabolismo autotrófico ou heterotrófico?
6. Depois do primeiro de mim, veio o mundo do RNA.
7. Posso ter vindo de outro planeta ou de fontes hidrotermais nos oceanos.
8. Alguns dizem que eu não incluo os vírus.
9. A biologia nasceu com o primeiro de mim.
10. Termino sempre na morte.

Carta Chave 1: Vida.

Existem várias versões para o que podemos chamar de vida. Uma das versões relata que todo ser vivo possui metabolismo, reprodutibilidade e tem a capacidade de evoluir. A origem da vida na Terra sempre foi e sempre será um tema de grande debate e curiosidade. Explicações sobre essa origem são muitas, mas nenhuma delas ainda é amplamente aceita.

Até o início do século XIX, apesar da curiosidade sobre o primeiro ser vivo, a comunidade científica da época conhecia por duas formas de surgimento dos seres vivos: através da reprodução dos seus semelhantes ou através do surgimento de filhotes a partir da matéria inanimada pela teoria da geração espontânea (Zaia, 2003). A teoria da geração espontânea dominou amplamente a comunidade

científica pois filósofos e cientistas do passado (Platão, Demócrito, Galileu, etc.) e da época (Francis Bacon, Descartes, Van Helmont, etc.) aceitavam a abiogênese e elaboravam *receitas* para que se produzisse vida.

“Entalhe um pequeno poço em um tijolo, cubra-o com manjerição e com outro tijolo e o coloque ao sol. Em alguns dias, os vapores do manjerição irão funcionar como agentes de fermentação e escorpiões irão surgir”.

A teoria da geração espontânea só começou a perder a credibilidade quando Francesco Redi, médico italiano fez seu experimento com os frascos de carne. Ele discutiu que as larvas que apareciam na carne não surgiam espontaneamente, mas era postas por seres vivos adultos que deixaram os ovos ali quando os cientistas não estavam observando. Este experimento foi importante para derrubar a abiogênese, mas esta teoria ainda continuou válida para microrganismos. Apenas, mais tarde Louis Pasteur conseguiu, com seu célebre experimento com o frasco de pescoço de cisne, refutar a abiogênese mesmo para microrganismos. Surge assim a biogênese, na qual vida nasce de vida.

Mas, se a vida só nasce de vida, como teria surgido (e como seria) o primeiro ser vivo? As evidências geológicas sobre a idade da Terra e do Sistema Solar e as ideias de Darwin sobre evolução trouxeram uma visão competitiva entre as primeiras moléculas orgânicas no ambiente abiótico que se desenrolava na Terra primitiva. Darwin foi o primeiro a discutir que a vida seria um resultado inevitável de uma competição através do aumento de complexidade das moléculas e das reações químicas.

O bioquímico russo A.I. Oparin (1924) e o geneticista inglês J.B.S. Haldane (1929), de maneira independente, vieram a propor uma solução semelhante sobre este início da vida chamada hipótese de Oparin-Haldane. Segundo esta, ocorreu uma evolução química das moléculas. Nesta etapa, a partir de moléculas simples, durante milhões de anos, ocorreu um aumento da complexidade molecular, ocasionando a primeira forma de vida: os coacervados.

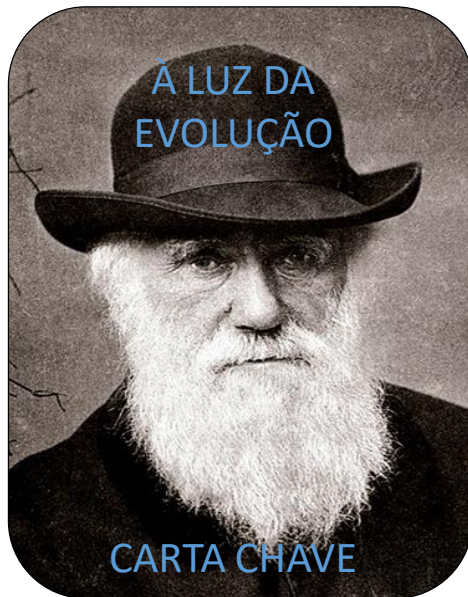
A hipótese de Oparin-Haldane discute eventos que estão relacionados com a sequência de formação da vida no planeta Terra, abrindo precedentes também para que a vida possa ter surgido em outro planeta. Stanley Miller montou um experimento no qual procurou testar a proposta de origem da vida de Oparin-

Haldane, tentando simular a atmosfera primitiva da Terra e seus mares. A simulação também inclui fontes de energia que simulavam a energia elétrica dos raios e o calor dos vulcões. Ao final de alguns dias, as moléculas simples deram origem, espontaneamente, às moléculas mais complexas chamadas aminoácidos – blocos construtores de proteínas, tipos de biomoléculas. Assim começou a chamada química pré-biótica.

Várias críticas se seguiram ao experimento de Miller. Por exemplo, alguns pesquisadores indicavam que a composição da atmosfera primitiva, de acordo com evidências geológicas, não seria tão redutora, etc. Mas, mesmo assim, foram estabelecidas outras metas sobre o processo da origem da vida, tais como: quando surgiu o primeiro processo metabólico? Ou como a hereditariedade se estabeleceu na primeira replicação?

Alguns cientistas relatam que esta molécula replicadora poderia ser o RNA, que seria uma espécie de enzima que catalisaria reações químicas, abrindo caminho para o Mundo do RNA, que seria um dos primeiros mundos bióticos. Neste sentido, os sistemas biológicos seriam moléculas de RNA com a capacidade de autoreplicação, herdabilidade e mutabilidade, três das propriedades da vida. Outra possibilidade seria a das macromoléculas orgânicas terem surgido em outro planeta e terem chegado aqui através de cometas e meteoros (panspermia cósmica). A área que estuda a possibilidade de vida fora do planeta é a exobiologia.

Seleção Natural



CONCEITO SELEÇÃO NATURAL

1. Demorei algumas décadas para ser publicada depois que já tinham percebido a minha existência.
2. Os tentilhões das ilhas Galápagos são um exemplo claro da minha atuação.
3. Sem variação, eu não existo.
4. O ambiente me ajuda em escolher variações mais favoráveis.
5. Alfred Wallace também me criou.
6. O livro "Origem das espécies", lançado em 1859 me explica em detalhes.
7. Atuo quando variações naturais tem diferenças na sobrevivência dos indivíduos que as possuem.
8. As superbactérias são exemplos reais de como eu atuo.
9. A seleção sexual é meu processo irmão.
10. Charles Darwin me criou primeiro.

Carta Chave 2: Seleção Natural.

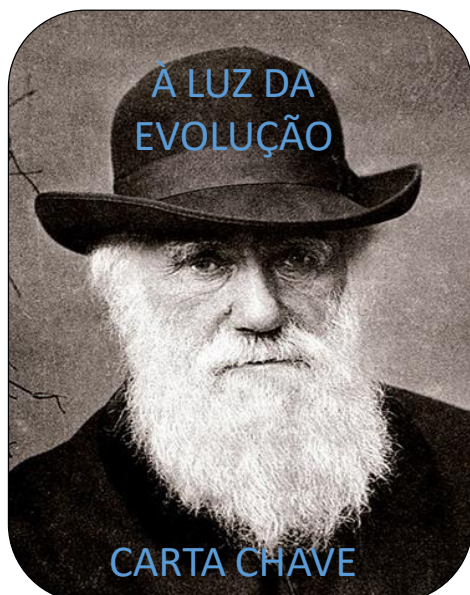
A seleção natural, inicialmente concebida por Charles Darwin, é um mecanismo evolutivo que resulta na transformação que gera a adaptação dos seres vivos ao seu ambiente. Após a viagem de 5 anos no Beagle, Darwin, através de suas observações e estudos científicos, coletou dados que corroborassem o que ele achava que acontecesse no meio natural em relação a como as espécies mudavam ao longo do tempo.

Se, nas populações naturais, nascem mais indivíduos dos que o meio pode suportar, logo, não existem recursos suficientes para todos. Como nem todos chegam à idade adulta, quem sobrevive? Apenas aqueles com as características que lhes conferem maior capacidade de conseguir recursos. Este é o primeiro ponto da teoria darwiniana. Além disso, Darwin discute que a Terra é antiga e dinâmica, passando por modificações geológicas que influenciam na evolução das espécies (Darwin 1859).

Vale ressaltar que Darwin levou 20 anos, até o lançamento do livro A Origem das Espécies, coletando evidências para sua teoria. Neste ínterim, outro pesquisador Alfred Russel Wallace, trabalhando na Polinésia, chegou à mesma

conclusão de Darwin no que se refere ao mecanismo de seleção natural como promotor da evolução das espécies.

Espécie



CONCEITO ESPÉCIE

1. Apareci com o primeiro ser vivo.
2. Com reprodução assexuada, complica minha definição.
3. Sou composta por várias populações.
4. O isolamento reprodutivo determina minhas fronteiras.
5. A aparência ajuda, mas os cruzamentos me definem melhor.
6. Um híbrido, como o ligre (cruzamento entre leão e tigresa), indica que os pais pertencem a tipos diferentes de mim.
7. Novos tipos de mim aparecem a partir de eventos de especiação.
8. Se um cruzamento não gera filhotes férteis, os pais pertencem a tipos diferentes de mim.
9. Um nome científico me identifica.
10. Tenho mais de 20 conceitos diferentes.

Carta Chave 3: Espécie.

O termo espécie possui mais de 20 conceitos diferentes. O conceito biológico de espécie, descrito por Ernst Mayr, é tido como: Espécies são grupos de populações naturais que se inter cruzam, mas que estão reprodutivamente isolados de outros tais grupos de populações (Mayr, 1942). Ainda existem os conceitos de coesão, ecológico, evolutivo, filogenético, morfológico, tipológico, dentre outros. Cada conceito versa sobre propriedades defendidas como fundamentais por seus autores. Aleixo (2009) ainda coloca que existe uma corrente de pensamento para que o conceito biológico de espécie e filogenético sejam unificados em um único conceito o conceito filético de espécie.

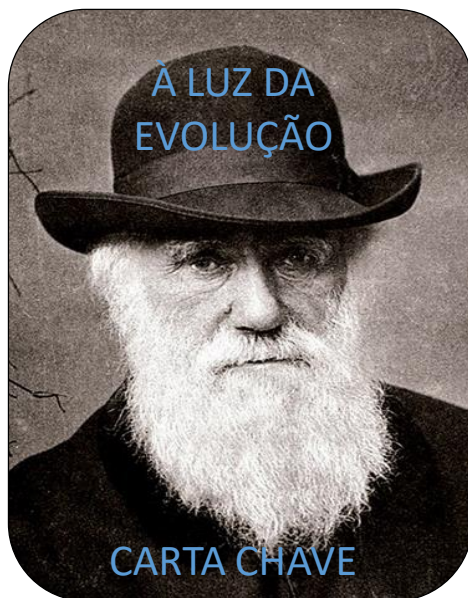
Independente do conceito de espécie usado, entretanto, a importância fundamental das espécies biológicas é o fato de que os membros de uma espécie evoluem juntos. Isso significa que, se acontecer uma mutação em um dos membros, tal mutação tem o potencial de atingir descendentes de todos os membros desta espécie. Por outro lado, espécies diferentes estão reprodutivamente e, portanto,

evolutivamente isoladas, o que acontece em uma espécie não influencia o futuro da outra. Existem diferentes processos de especiação, os mais comuns são a especiação alopátrica, com isolamento geográfico entre as populações, e a especiação simpátrica, sem tal isolamento.

Colley e Fisher (2013) discutem que, na especiação alopátrica, a população inicial é separada em duas, ou mais, populações por uma barreira geográfica (um rio, uma montanha, uma depressão, etc.). Desta forma, inicia-se um rompimento do fluxo gênico entre as populações agora separadas. Tal isolamento, pode motivar uma seleção diferencial e, por consequência, a evolução do isolamento reprodutivo ao longo do tempo, formando assim uma nova espécie. Por outro lado, mesmo sem seleção diferencial, eventualmente as duas populações isoladas irão se especiar, pois as mutações serão diferentes nas populações.

Rosso (2005) conceitua especiação simpátrica como a divisão da população dentro da mesma região geográfica evidenciando a ação da seleção natural, atuando através da competição intraespecífica – principalmente por alimento – e da seleção sexual, onde a competição tem motivação reprodutora. Eventos de efeito fundador, vicariância e deriva genética são grandes mediadores de processos de especiação.

Fóssil



CONCEITO FÓSSIL

1. *Lagerstätte* é um local que exhibe condições muito especiais para mim.
2. Eu sou a transformação do organismo que morreu em rocha.
3. Apareço em rochas sedimentares.
4. Se o organismo morre e é enterrado rapidamente aumenta a minha chance de ficar preservado.
5. Sou uma evidência da evolução biológica.
6. Sou muito importante como registro histórico.
7. Ao me estudar, os cientistas descobrem os mistérios da evolução.
8. Eu posso ser uma pegada, um osso ou até mesmo fezes.
9. Quanto mais duro o organismo é melhor eu fico.
10. A ciência que me estuda é a paleontologia.

Carta Chave 4: Fóssil.

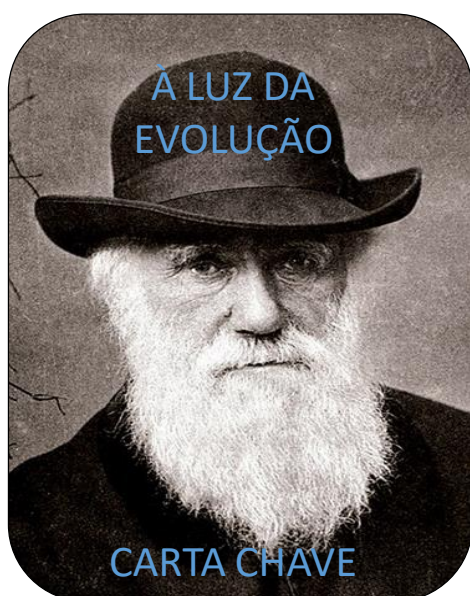
A paleontologia estuda o registro fóssil em seus mais diversos conceitos. Segundo Tomasii e Almeida (2011), o conceito de fóssil deve abordar tanto a classificação filogenética (história evolutiva) - do ser que produziu o resto ou vestígio - quanto a idade geológica que o fóssil se forma, sua composição química - que pode ser original ou alterada, além das características ou influência antrópica relacionada à conservação e alteração dos restos biológicos.

Soares e colaboradores (2013) descreve a paleobiologia como estudos sobre as interpretações ecológicas, evolutivas e ambientais do registro fossilífero. Eles m ressaltam a importância do registro para responder a questões chaves no processo de transformação dos organismos ao longo do tempo.

A preservação de fósseis não é um evento muito comum, haja visto que existem certas condições para esta preservação como: enterramento rápido, ambientes anaeróbios, frios, secos ou salinos tem melhores chances de retardar o processo de decomposição e preservar o fóssil. A fossilização de partes moles é particularmente difícil, pois, nestes tecidos, o processo de decomposição é mais rápido. A preservação de partes moles é melhor quanto mais extremo o ambiente (muito seco ou muito frio) ou nos fósseis preservados em âmbar – resina que algumas árvores (De Moura-Junior, Scheffler e Fernandes 2019).

Bruno e Hessel (2006) conferem que os *largestätte* são locais espalhados pelo mundo, onde existe uma concentração muito grande de fósseis de um determinado período geológico. Em muitos casos, existe a preservação até de partes moles dos organismos fossilizados. No Brasil, temos a Bacia do Araripe, onde encontramos a Formação Santana, com extensão na Chapada do Araripe, onde são encontrados fósseis em seu sedimento do período Cretáceo em nosso país. Nesses locais, em sua maioria, são encontrados fósseis de peixes, insetos, mamíferos, répteis e de plantas.

Reprodução sexuada



CONCEITO REPRODUÇÃO SEXUADA

1. Estou presente em seres unicelulares e multicelulares.
2. Sou praticamente universal na biodiversidade.
3. Sou um processo biológico intimamente relacionado à vida.
4. Minha irmã odeia variação.
5. Por minha causa, a variação não é perdida.
6. Promovo a união de metades diferentes.
7. Alternância de gerações é quando eu e minha irmã revezamos.
8. Sou um processo que preserva a variabilidade genética.
9. Uso gametas no meu dia a dia.
10. Termino com a fecundação.

Carta Chave 5: Reprodução sexuada.

Reprodução na qual ocorre a produção de células gaméticas com posterior fusão, produzindo descendência com variação em relação aos ancestrais. Por esse mecanismo de reprodução sexuada, organismos de uma espécie compartilham material genético evoluindo em conjunto. O processo de reprodução sexuada se confunde com a história da vida na Terra, pois praticamente todos os seres vivos, sejam eles unicelulares ou multicelulares, apresentam alguma forma de troca genética.

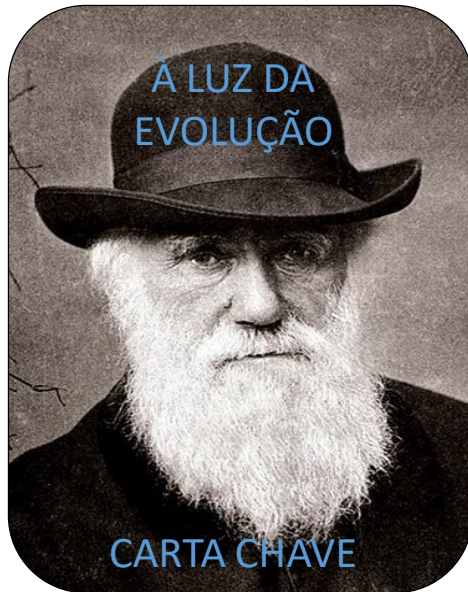
Neste tipo de reprodução, ocorre a produção de gametas – células responsáveis por transportar o material genético entre as gerações – de dois tipos, o que incorre nas caracterizações típicas do sexo masculino e feminino, por produzirem gametas diferentes. Na realidade, toda a variação genética tem como origem o processo de mutação e a mutação é consequência de erro na DNA polimerase.

Assim, a princípio seria um paradoxo a maior variação na reprodução sexuada se a DNA polimerase é a mesma e a pressão seletiva também é a mesma nos dois tipos de reprodução, se não houver mutação diferenciada a troca de material genética sozinha não levaria a uma maior variação na reprodução sexuada. Entretanto, mesmo com a mesma entrada de novidade evolutiva (isto é, de mutação) na população nos dois tipos de reprodução, a população que se reproduz sexuadamente geralmente apresenta mais variação. Isso acontece porque a diferença de variação com a reprodução ocorre na perda e não no ganho de variação. Assim, a população sexuada perde menos variação durante o processo adaptativo.

De fato, nas populações assexuadas, toda a variabilidade genética (em todos os loci) é perdida a cada evento de fixação de um alelo adaptativo. Isso ocorre porque sem recombinação, para uma mutação vantajosa se fixar na população, todos os indivíduos da população fixada serão descendentes diretos (e, portanto, clones) do primeiro indivíduo mutante. Assim, toda a população terá perdido toda a variação em todos os loci de forma que a variação adaptativa seja fixada.

Em algumas espécies, existem ciclos de vida onde os adultos alternam fases de reprodução sexuada e assexuada, o que na realidade pode ser a melhor estratégia. A este ciclo, dá-se o nome alternância de gerações, comum em plantas e algas, mas também encontrado em animais tais como os cnidários (LOPES, 2004).

Sistemática filogenética



CONCEITO SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

1. Não suporto biodiversidade desorganizada, sempre organizo.
2. Minha história é a evolutiva.
3. Eu mostrei que nem todos os dinossauros foram extintos no Cretáceo.
4. Charles Darwin já tinha percebido minhas qualidades.
5. Odeio grupamentos taxonômicos artificiais.
6. Meu código de nomenclatura é o Filocódigo.
7. A melhor forma de me representar é como uma árvore.
8. Ancestral comum e seus descendentes, esta é a minha chave.
9. Willi Hennig me mostrou para o mundo.
10. Peixes? Humm, nem pensar, eles não existem.

Carta Chave 6: Sistemática filogenética.

A ideia de fazer uma sistemática baseada em filogenias foi originalmente proposta por Darwin na *Origem das Espécies*. Entretanto, depois de tanta novidade sobre ancestralidade comum com primatas, pouca gente prestou atenção em outras ideias darwinianas na Origem. A ideia deste tipo de sistemática foi não apenas reforçada por Willi Hennig em 1966, no livro *Phylogenetic Systematics*, mas ele também desenvolveu um método sobre como fazer a associação entre a taxonomia e a filogenia. Esse tipo de classificação biológica passa por conceitos descendência com variação e ancestralidade comum também darwinianos. Tais relações de parentescos podem ser baseadas em estudos comparativos usando morfologia, etologia e sequências moleculares, por exemplo.

Baseada no conceito de LUCA (último ancestral universal comum), Hennig propõe a reconstrução filogenética. Neste sentido, através de diagramas representando as relações de ancestralidade e descendências, se constrói uma representação de linhas que se bifurcam de acordo com os eventos passados que transformaram uma espécie em duas novas espécies (cladogênese) (figura 16).

Santos e Calor (2007) discutem que Hennig uniu a objetividade metodológica com a perspectiva evolutiva, construindo um modelo no qual a classificação das espécies tivesse como base os referenciais da história evolutiva dos organismos. Os autores refletem que, para este método, as relações de parentesco entre grupos irmãos são mais importantes do que relações ancestral-descendente (organismos A deu origem ao organismo B).

Em uma classificação filogenética, somente são aceitos grupamentos monofiléticos, ou seja, grupamentos que abrangem todos os descendentes de um ancestral comum exclusivo. Santos e Calor (2007) ainda relatam que a abordagem filogenética da “árvore da vida”, é muito importante didaticamente, pois associa toda a diversidade biológica com um mesmo processo evolutivo em uma conexão harmônica e eficaz na discussão da origem das espécies.

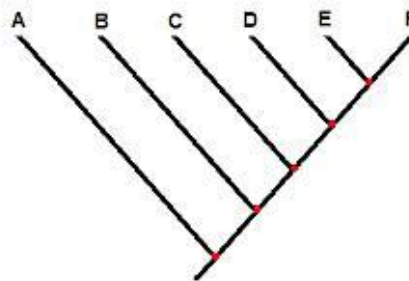
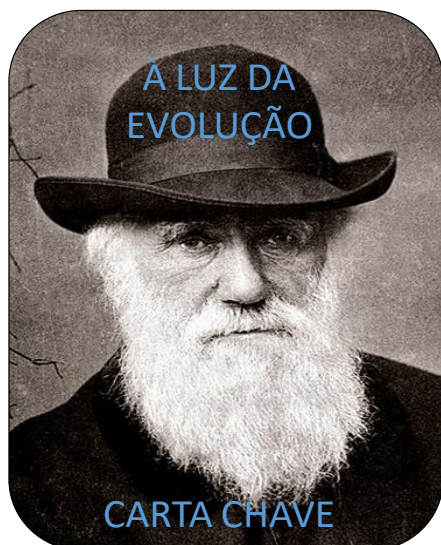


Figura 16: Modelo de árvore filogenética, com os ancestrais (pontos vermelhos) e seus descendentes nomeados de A-F.

<https://bit.ly/2lwfnos> (Acesso em 05 de julho de 2019).

Taxonomia



CONCEITO TAXONOMIA

1. Sou uma ciência muito antiga.
2. Meu objetivo é o de um pai que registra um filho.
3. Os meus nomes já foram breves descrições dos organismos.
4. Muitos me usam para homenagear seus ídolos.
5. Aristóteles me criou.
6. O meu profissional é um exímio conhecedor da variabilidade dentro e fora da espécie.
7. Uma espécie é o meu menor grupo.
8. Lineu me aperfeiçoou.
9. Sou fluente em latim.
10. Filo, classe e ordem são exemplos de categorias minhas.

Carta Chave 7: Taxonomia.

Criada originalmente por Aristóteles, a classificação biológica, ou taxonomia, tem a função de nomear aos organismos e relacioná-los em categorias taxonômicas de acordo com suas características físicas. Assim, o taxonomista, ao descobrir uma nova espécie, irá nomeá-la, estudando suas características e agrupando-a em categorias taxonômicas (Russo 2017).

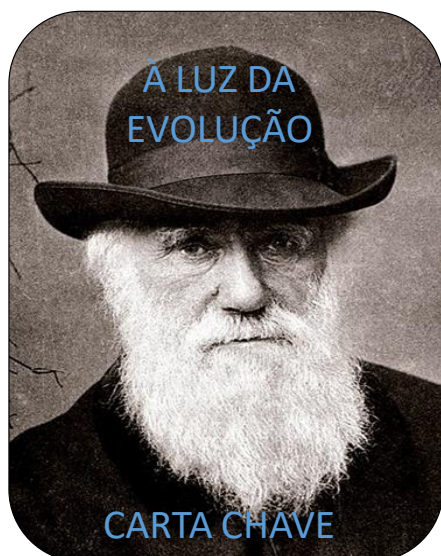
Lineu, no *Systema naturae* (1758) o primeiro manual de taxonomia, aprimorou as ideias de Aristóteles propondo metodologias e regras mais rígidas e que são usadas até hoje tais como: a nomenclatura binomial (gênero/epíteto), a latinização dos nomes científicos, as categorias taxonômicas, etc. Até hoje, uma boa parte das ideias lineanas ligadas às regras de classificação taxonômica são utilizadas pelos taxonomistas modernos para nomear a diversidade biológica. As ideias lineanas foram importantes principalmente para diminuir a confusão da nomenclatura biológica anterior, onde os nomes científicos muitas vezes eram uma descrição da espécie feita pelo pesquisador (Figura 17). Ainda assim Lineu não comungava da ideia do transformismo admitindo que as espécies eram fixas e criadas por um ser supremo (SANTOS, 2008).



Figura 17: A taxonomia antes de Lineu era mais complicada. O nome da espécie era uma breve descrição dela. Os cientistas discordavam de quais atributos seriam incluídos no nome e de qual seria a ordem de tais atributos, o que gerava muita confusão. <https://bit.ly/2lwZApk> (Acesso em 09/08/2019).

A reunião das ideias de Darwin e Wallace sobre a evolução das espécies de Hennig sobre a filogenia com as classificações biológicas de Lineu associou a taxonomia com a história evolutiva dos seres vivos. Ernst Mayr e colaboradores, em 1953, na obra *Methods and principles of systematic zoology (Métodos e princípios de zoologia sistemática)*, discutiram sobre a importância da adaptabilidade, mediada pela variação nas características dos seres vivos. Estas características poderiam ser disseminadas em determinados grupos de organismos criando *grados* de organismo que compartilhavam a mesma característica, advindas de ancestralidade comum. Estes grados não eram tão comuns nas classificações lineanas.

Extinção



CONCEITO EXTINÇÃO

1. Eu diminuo a competição entre as espécies.
2. Um parceiro meu foi o oxigênio.
3. Eu e a especiação trabalhamos alternadamente.
4. Adoro mudanças ambientais.
5. Alguns me odeiam e me xingam de tragédia.
6. Sou responsável pelas grandes transformações da biota no planeta terra.
7. Alguns grupos raros me adoram.
8. Um outro parceiro meu foi um meteoro.
9. Espécies com populações pequenas tem muito medo de mim.
10. Eu sou má pois, uma vez, eu eliminei mais de 90% das espécies viventes.

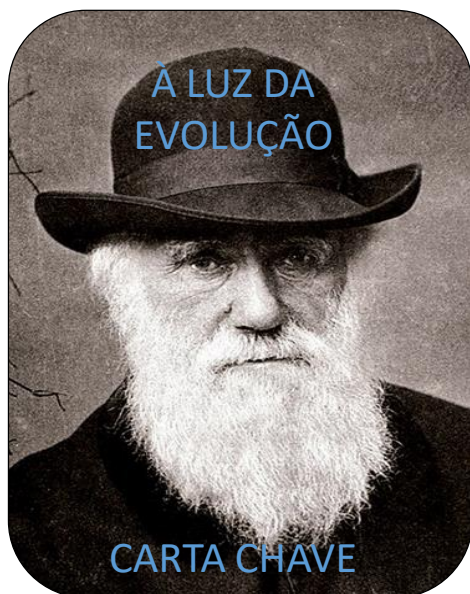
Carta Chave 8: Extinção.

A extinção é o desaparecimento de determinado organismo de um ambiente previamente habitado por ele, que pode ser desaparecido globalmente ou localmente. Eventos de extinção em massa são relativamente comuns no planeta Terra. Dentre esses, a extinção do Permiano foi a mais marcante, pois extinguiu cerca de 95% das espécies da época em um processo devastador (PETRI, 2006). As extinções são fundamentais, pois promovem uma nova radiação de espécies, chamada radiação adaptativa, pois com a extinção em massa nichos ecológicos passam a ficar vagos e disponíveis para a nova radiação de espécies. Neste sentido, as radiações adaptativas são sequências grandes de processos de especiação seguidos, tais como mamíferos, aves, peixes ósseos, etc.

Setembrino Petri (2006), no artigo *Extinções Orgânicas*, relata que as mudanças climáticas, eventos de quedas de meteoros ou mesmo de erupções vulcânicas são as principais causas de extinção em massa. Hoje, a ação humana, pontual e sistêmica, é maior causa de extinção global e principalmente local. Eventos de mudanças no ambiente, bem como caça e pesca predatória, poluição e

tráfico de animais, são algumas causas pelas quais o ser humano tem feito pressão ímpar contribuindo para um processo atual de extinção de espécies.

Reprodução assexuada



CONCEITO REPRODUÇÃO ASSEXUADA

1. Sou comum nos seres unicelulares.
2. Sou simples e muito rápida.
3. Tenho a melhor estratégia para colonizar um ambiente.
4. Em vegetais, promovo a multiplicação vegetativa.
5. A mitose é como uma irmã menor para mim.
6. Não uso gametas.
7. Em bactérias, me chamam de divisão binária.
8. Posso atuar na forma de esporos.
9. Formo clones.
10. Não gosto de variabilidade genética.

Carta Chave 9: Reprodução assexuada.

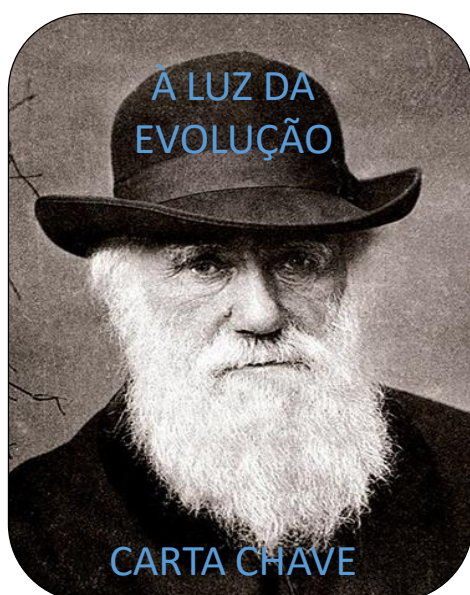
A reprodução assexuada não envolve gametas sendo seus descendentes geneticamente idênticos ao organismo gerador, não ocorrendo meiose, fecundação ou recombinação. Os organismos gerados por reprodução assexuada são idênticos, ou seja, são clones. Este tipo de reprodução é utilizado por vários organismos eucarióticos e procarióticos (Madigan et al. 2016).

Em fungos, algas e cnidários, ocorre na forma de brotamento, onde brotos se soltam da estrutura do organismo matriz, proporcionando – após várias divisões mitóticas, um novo organismo. Em partenogênese, vários organismos podem ser originados de óvulos não fecundados, tais como zangões (Ruppert, Fox & Barnes 2005).

Wendling e Dutra, em seu artigo *Produção de mudas de eucalipto* (2010), apontam que, na produção de vegetais, a técnica de estaquia corresponde a

regeneração de tecidos vegetais a partir de brotos de organismos adultos. Estes brotos podem se diferenciar e raízes e caules, formando um indivíduo idêntico àquele que cedeu o broto. De acordo com Ruppert e colaboradores (2005), alguns animais, como poríferos, equinodermos e platelmintos, conseguem se reproduzir a partir de partes do corpo que regeneram a parte faltante.

Ácido desoxirribonucleico (DNA)



CONCEITO ÁCIDO DESOXIRRIBOLUNCLÉICO (DNA)

1. Estou presente desde o último ancestral comum da vida.
2. Sou a chave para a vida.
3. Quando me apertam, eu me transformo em cromossomo.
4. Watson e Crick me descobriram.
5. Sou feito de nucleotídeos.
6. Todos me conhecem pela minha sigla, em inglês.
7. As mutações, base do processo evolutivo, ocorrem em mim.
8. Tenho propriedades ácidas.
9. Armazeno as informações genéticas de cada indivíduo.
10. Quem me estuda, chamamos de geneticista.

Carta Chave 10: Ácido desorribonucléico (DNA).

Molécula encontrada no núcleo dos organismos eucarióticos e no citoplasma dos procarióticos (que recebe o nome de nucleóide) que armazena a informação genética e a transmite, através da reprodução, para a descendência. Assim, o DNA é a molécula responsável pela a hereditariedade. Esta molécula também é encontrada nas mitocôndrias e nos cloroplastos, um reflexo de sua origem em eventos de simbiose de um ancestral eucarionte com alfa-proteobactérias e com cianobactérias, respectivamente (Acot, 2003).

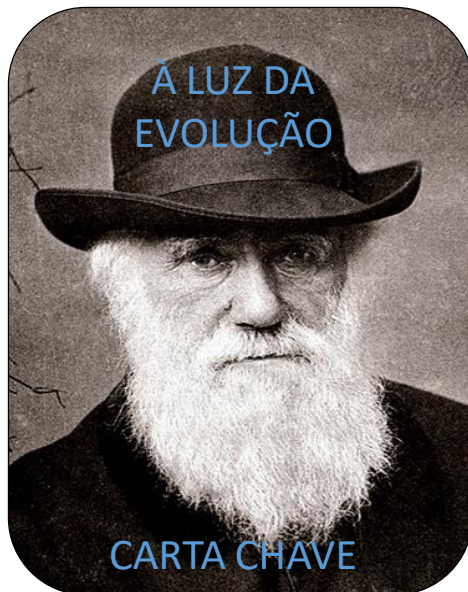
A molécula de DNA é uma dupla fita de nucleotídeos – compostos por grupo fosfato, pentose (desoxirribose) e base nitrogenada. As bases nitrogenadas que

compõem o DNA são: adenina e guanina, as bases púricas, e citosina e timina, as bases pirimídicas. Sua estrutura em dupla hélice é composta por fitas com nucleotídeos ligados por ligações fosfodiéster, em sentido antiparalelo, ou seja, uma fita tem direção oposta da outra.

Os nucleotídeos das duas fitas, por outro lado, estão conectados por ligações de hidrogênio, mais fracas, nas quais uma base púrica sempre se liga a uma base pirimídica, desta forma: adenina se liga com timina e citosina se liga com guanina. Este modelo, em formato de escada em caracol, foi descrito por James Watson e Francis Crick, em 1953, lhes rendendo o prêmio Nobel daquele ano (Watson e Berry, 2005).

Ao separar as duas fitas antiparalelas, a molécula de DNA pode se replicar. Neste evento de replicação, uma fita original dá origem a duas fitas idênticas descendentes, a não ser que ocorra um erro de incorporação da enzima que polimeriza o DNA, a DNA polimerase, que, se não detectado pelo sistema de reparo da célula, gera uma mutação. Essas cópias da molécula original irão para as duas células descendentes no próximo evento de divisão celular. Além disso, segmentos de DNA, chamados genes, são transformados em moléculas de RNA (ácido ribonucleico) mensageiro, através de um processo chamado de transcrição também mediado por enzima, a RNA polimerase. Após a transcrição, o RNA mensageiro vai servir de molde para a síntese da proteína, que tal gene é responsável no processo conhecido por tradução (Scheid et al. 2005).

Genética



CONCEITO GENÉTICA

1. Meus primeiros estudos estavam relacionados a ervilhas de cheiro.
2. Sou uma das áreas da biologia que mais se transformam a cada dia.
3. Os humanos já me usam há muito tempo, mas chamavam de melhoramento.
4. Quando me juntei com a evolução darwiniana, formamos o neodarwinismo.
5. Uso heredogramas (ou genealogias) para estudar transmissão de doenças.
6. Dominante, recessivo são termos que uso em meu cotidiano.
7. Minha última novidade é o sequenciamento de nova geração.
8. Gregor Mendel me criou.
9. Tenho como objetivo fundamental estudar a molécula de DNA.
10. Os genes e sua transmissão são minha área de estudo.

Carta Chave 11: Genética

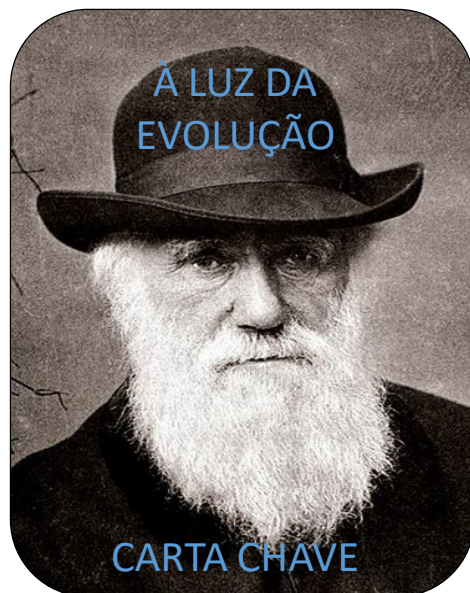
É a ciência que estuda os processos de transmissão das características hereditárias de uma geração a outra, ou seja, os mecanismos de hereditariedade. As ideias da genética iniciaram com os estudos de Gregor Mendel, um monge austríaco, em um trabalho de 1866, que relaciona o comportamento em ervilhas de cheiro com sua hibridização. Ele analisou diversas características morfológicas das ervilhas, como: altura da planta, cor da ervilha, textura da ervilha, cor da vagem, etc. Mendel cruzou ervilhas com características contrastantes e, após a formação do híbrido, observou que algumas características desapareciam por uma geração em determinados tipos de cruzamentos em detrimento a características que se apresentavam com maior frequência. Assim, Mendel propôs que fatores – que se encontravam aos pares nos organismos e eram responsáveis pelas características hereditárias - segregavam independentemente na formação dos gametas, sendo os gametas portadores de apenas um fator do par que seria transmitido para a descendência (Griffiths et al. 2006).

Veloso (2003) relata que, a princípio, o trabalho de Mendel não foi reconhecido o que contribuiu para um hiato na difusão de suas ideias. Por volta de

1900, três botânicos Correns, Tschermak e De Vries redescobriram, de forma independente, os trabalhos de Mendel ao estudarem plantas híbridas. Assim, eles identificaram a importância fundamental dos princípios mendelianos para a ciência que estava surgindo, a genética. Anos mais tarde, Thomas Morgan, trabalhando com a mosca drosófila, relacionou as características hereditárias com a determinação sexual e focou muito nas mutações dos genes.

Mais recentemente, em 1953, nos trabalhos de Watson, Crick, Wilkins e Franklin demonstrando a estrutura de dupla hélice do DNA, a genética passou a ter um enfoque mais molecular (Veloso 2003). A tecnologia de DNA recombinante abriu as portas para a manipulação do DNA e dos genes, o que tornou a genética nos dias de hoje um campo de vasto conhecimento e produção acadêmica, para criar clones, alimentos transgênicos, testes de paternidade, solução de crimes, mapeamento de doenças e aconselhamento genético.

Isolamento geográfico



CONCEITO ISOLAMENTO GEOGRÁFICO

1. Separo o que antes era um único.
2. Grandes e pequenas catástrofes podem me gerar.
3. Dependo da capacidade de dispersão de uma espécie.
4. O Itaimbezinho, no Rio Grande do Sul, é um exemplo meu.
5. Populações podem ser por mim divididas em sub-populações.
6. Sou importante para que surjam novas espécies.
7. Alopátrica é o tipo de especiação que acontece comigo.
8. Inibo o fluxo gênico.
9. Eu e o tempo fazemos a diferenciação entre duas linhagens.
10. Depois de mim, vem o meu irmão: o isolamento reprodutivo.

Carta Chave 12: Isolamento geográfico.

Segundo Ridley (2009), o evento crucial em um processo de especiação é o isolamento reprodutivo em decorrência de uma barreira (pré-zigótica ou pós-zigótica). Este evento cessaria o fluxo gênico entre os indivíduos que outrora eram

uma mesma espécie. O isolamento reprodutivo geralmente evolui após o isolamento geográfico entre populações de uma mesma espécie.

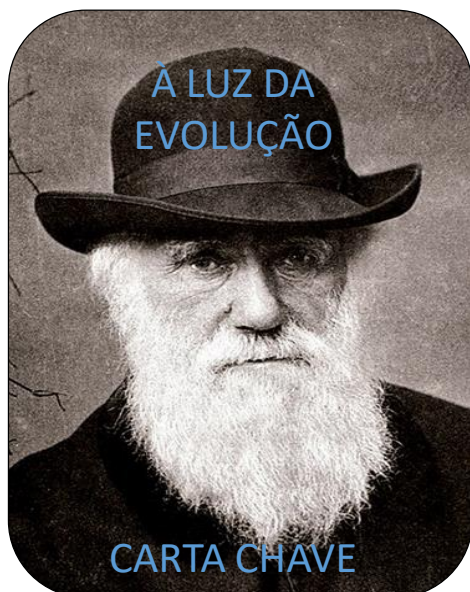
O isolamento geográfico, por sua vez, vem em decorrência de um evento geológico. Exemplos de como tais eventos podem promover o isolamento geográfico, inclui o soerguimento de uma cadeia de montanhas, uma mudança de curso de um rio, ou o aparecimento de um rio devido ao derretimento de geleiras. Tais eventos, ao longo do tempo, podem levar inicialmente ao aparecimento de populações isoladas, depois de subespécies, e depois – caso ocorra isolamento reprodutivo entre as populações isoladas geograficamente – a eventos de especiação, surgindo novas espécies (Figura 18). A seleção natural, a deriva gênica e o pool genético diferenciado das populações isoladas vão gerar as diferenças entre as populações isoladas, mesmo que as pressões ambientais sejam idênticas. Por outro lado, mesmo sem isolamento geográfico, o acúmulo de processos anagenéticos pode gerar uma nova espécie por outro tipo de processo de especiação (Colley, Fischer, 2013).

Oliveira descreve, em seu artigo Filogeografia de *Cyanocharax itaimbe* Malabarba & Weitzman (Teleostei: Characidae) (2010), um estudo com populações de peixes, encontrando em seus resultados um processo de especiação alopátrica na formação da bacia do rio Araranguá. A pesquisadora, analisando um isolamento geográfico na formação dos afluentes do Rio Araranguá, constatou que molecularmente as espécies dos afluentes formam um novo clado isolado das espécies endêmicas do Rio Araranguá.



Figura 18: Modelo de isolamento geográfico entre duas populações gerando duas novas espécies em um processo de especiação alopátrica, isto é, com isolamento geográfico. A especiação só estará completa depois que as populações estiverem isoladas reprodutivamente. <https://bit.ly/2krjvWx> (acesso em 04/08/2019).

Árvore Filogenética (Filogenia)



CONCEITO ÁRVORE FILOGENÉTICA (FILOGENIA)

1. Sou dividida em ramos e nós.
2. Alguns se confundem e acham que eu mostro progresso, eu mostro mudança.
3. Muitos usam diferenças nas sequências de DNA para me construir.
4. Sou fundamental para você entender a relação de parentesco entre os grupos.
5. Na maior de todas, existem todas as espécies vivas e que já morreram.
6. Eu, com uma raiz, mostro o tempo.
7. Tenho como referência um ancestral comum e seus descendentes.
8. A parcimônia é uma das formas de me descobrir.
9. Usam um grupo externo para me enraizar.
10. Sou parecida com uma árvore.

Carta Chave 13: Árvore filogenética (Filogenia).

As árvores filogenéticas, apesar de aparecerem desde o século XIX, inclusive nos trabalhos de Charles Darwin, só foram usadas como método de classificação biológica na proposta da sistemática filogenética de Willi Hennig em 1956. As árvores filogenéticas são representações gráficas das relações de ancestralidade e descendência das linhagens. Neste sentido, uma filogenia é um gráfico das relações de parentesco que utiliza a história evolutiva dos seres vivos como instrumento para estabelecer uma sistematização e organização dos organismos na premissa de relações de ancestralidade comum (Lopes & Vasconcelos 2012).

As árvores filogenéticas são reconhecidas como hipóteses e que, segundo o princípio da *parcimônia*, lançamos mão da hipótese que explica a matriz de dados com o menor número de passos evolutivos (Hennig 1966). Para a construção de árvores filogenéticas, a metodologia cladística é geralmente usada. Segundo esta, os organismos são agrupados através de suas relações evolutivas identificando características ancestrais, ditas *primitivas* (plesiomorfias), e características que conferem novidades evolutivas ditas *derivadas* (apomorfias). Grupos que incluem o ancestral comum e todos os seus descendentes são chamados de grupamentos

monofiléticos, tais grupos são identificados pelo compartilhamento de uma ou mais apomorfias (homologia) (Viana 2007).

Uma árvore filogenética é construída com a associação de ramos e nós, nos quais os ramos internos representam linhagens ancestrais e os ramos terminais, são as linhagens desde o último ancestral comum exclusivo até as espécies de interesse. Os nós da árvore são os ancestrais e se referem aos eventos de divergência nos quais a espécie ancestral se dividiu em duas ou mais espécies descendentes. Cada ponto de ramificação se refere ao ancestral comum, mais recente, dos grupos que divergiram daquele ponto (Rintoul et al. 2014).

Viana (2007) relata que na reconstrução de árvores filogenéticas atualmente são utilizados programas de computador constituídos em universidades pelo mundo. Muitas vezes, a comparação não se dá entre características morfológicas, mas entre segmentos de DNA (ácido desoxirribonucleico) de organismos diferentes para estabelecer hipóteses sobre as relações filogenéticas entre eles, através de métodos como *Neighbor-Joining*, *UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages)* e parcimônia. As árvores podem ter forma de cladograma (figura 19), sem raiz em forma radial (figura 20) ou com raiz em forma de filograma (figura 21).

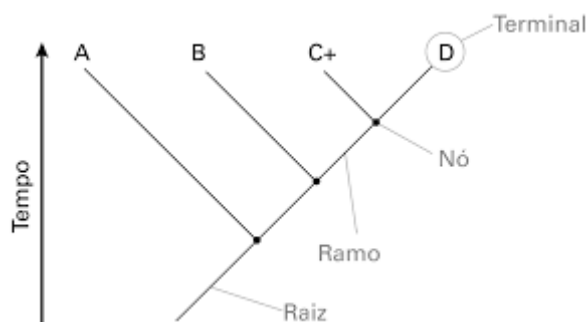


Figura 19: Árvore em forma de cladograma com identificação de ramos e nós.

<https://bit.ly/2ITyfO9>. Acesso em 04/08/2019.

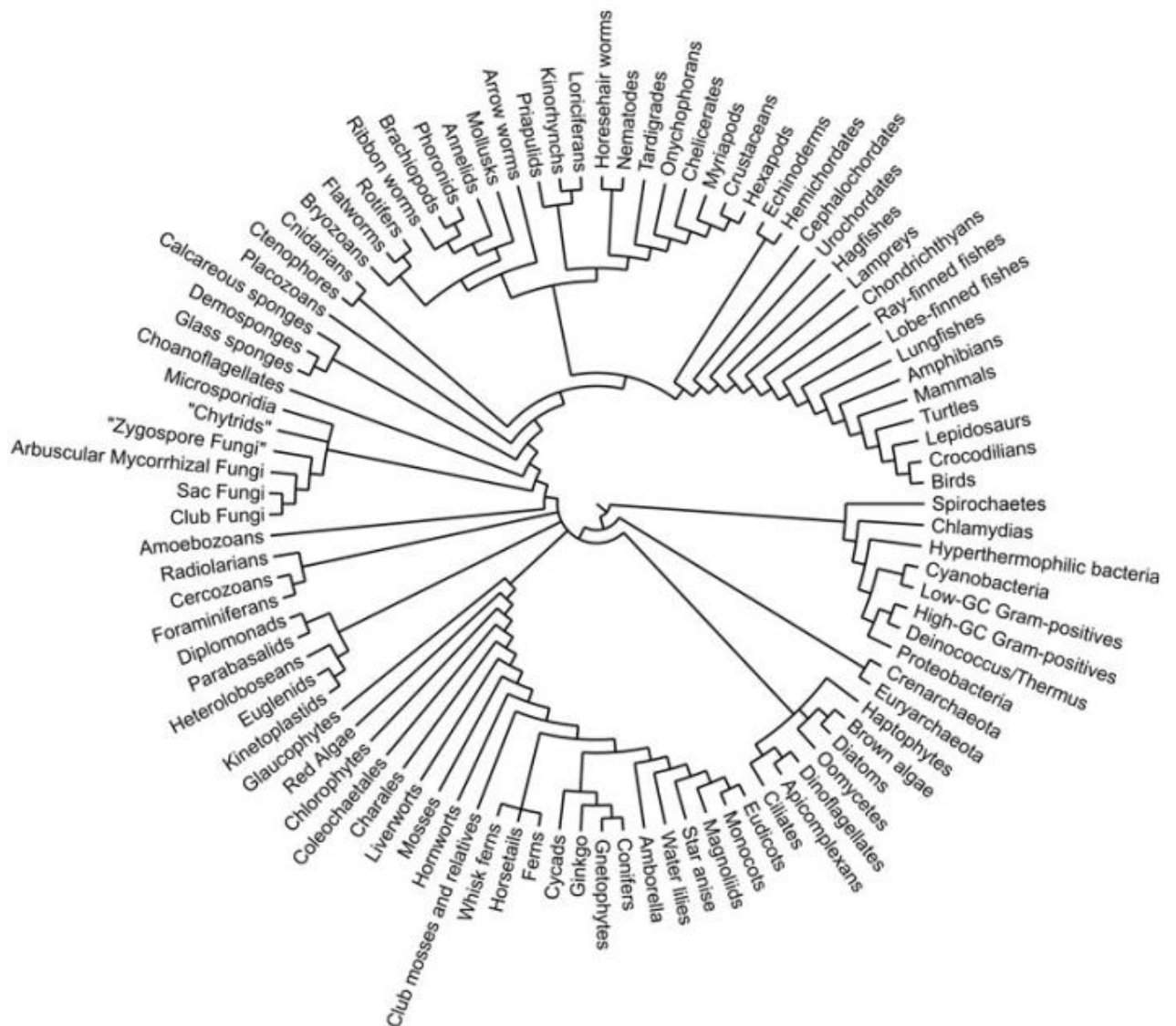


Figura 20: Árvore não enraizada.

<http://www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/TreeofLife2.jpg>. (Acesso em 15/08/2019)

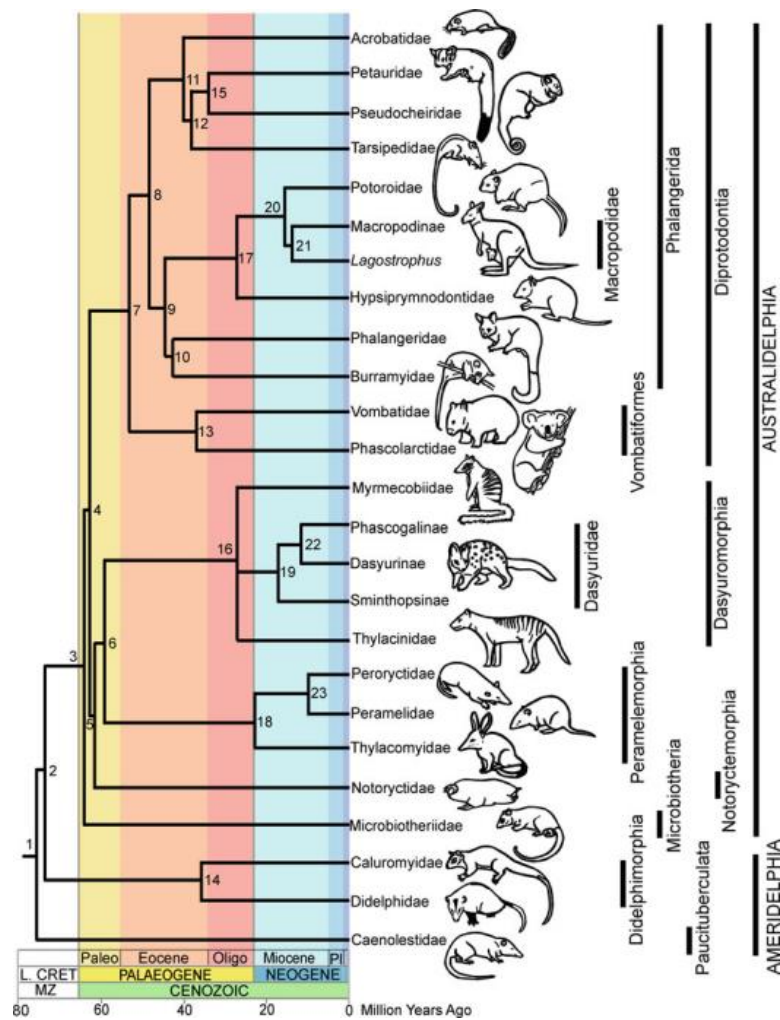
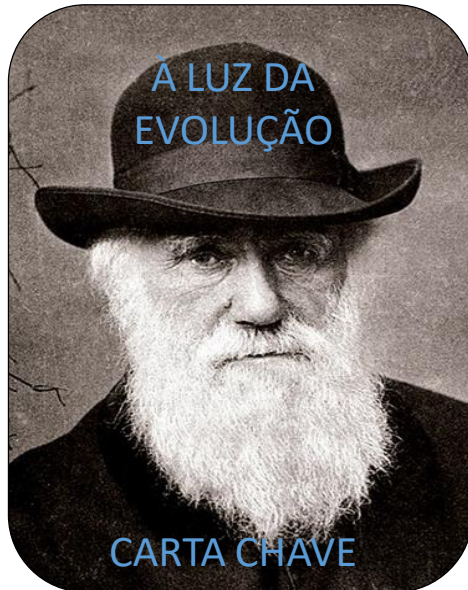


Figura 21: Árvore filogenética em filograma. Meredith, et al. (2010) A phylogeny and timescale for the evolution of Pseudocheiridae (Marsupialia: Diprotodontia) in Australia and New Guinea.

Órgãos homólogos (Homologia)



CONCEITO ÓRGÃOS HOMÓLOGOS (Homologia)

1. Sou uma evidência da evolução biológica.
2. Minha irmã é resultado de convergência evolutiva
3. Não sou um conceito quantitativo, mas qualitativo.
4. Posso estar em características moleculares, morfológicas ou fisiológicas.
5. Sou o resultado de um ancestral comum compartilhado entre linhagens.
6. Posso ter função igual ou diferente em espécies diferentes.
7. Eu tenho a mesma origem embrionária em linhagens diferentes.
8. Nadadeiras de golfinhos e asas de morcegos são exemplos de como eu posso funcionar.
9. Minha definição é: similaridade com origem comum.
10. Posso ser uma asa em uma espécie, uma nadadeira em outra ou uma pata em outra.

Carta Chave 14: Órgãos homólogos (Homologia).

Homologia é um termo que está relacionado a características (moleculares, fisiológicas ou morfológicas) novas compartilhadas por duas ou mais espécies, ou seja, características que foram herdadas de um ancestral comum exclusivo delas. Muitos confundem o termo homologia com similaridade, por exemplo, na frase: 50% de homologia. Entretanto, homologia não é sinônimo de similaridade, mas significa similaridade em decorrência de uma origem comum (Russo et al. 2016). Este é um conceito qualitativo e não quantitativo, duas estruturas são homólogas se, suas partes comuns são comuns devido a presença da estrutura no ancestral comum entre elas.

Eventos de irradiação adaptativa, como a ocupação de vários nichos em pouco espaço de tempo, através de efeito fundador, levam a casos bem variados de homologias. Os membros anteriores de mamíferos são um importante exemplo de órgãos homólogos. Nadadeira de baleia, pata de cachorro, asa de ave e braço humano, possuem os mesmos ossos, porém, com adaptações diferentes de acordo com o ambiente que ocupam o que corrobora eventos de irradiação adaptativa nos ancestrais destes animais (Figura 22) (Griffiths 2006).

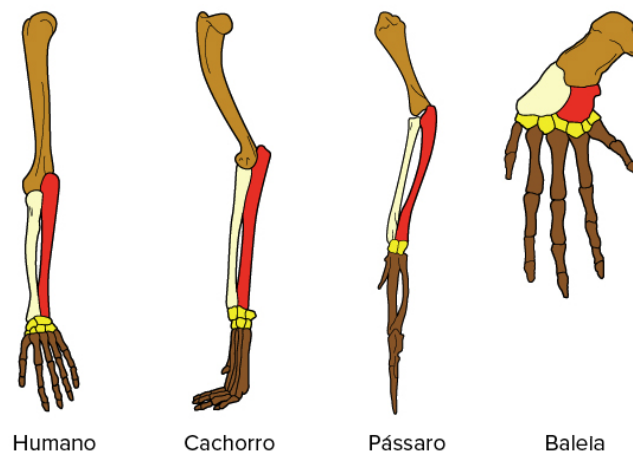
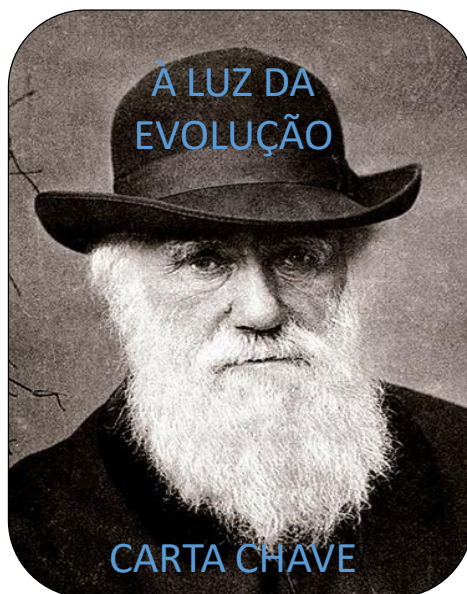


Figura 22: Representação de estrutura óssea de membros anteriores de humano, cachorro, pássaro e baleia, evidenciando homologia.

<https://bit.ly/2m0jxoV> (Acesso em 04/08/2019).

Ontogenia



CONCEITO ONTOGENIA (Desenvolvimento)

1. Sou uma evidência da evolução biológica.
2. Eu e a evolução somos exemplos de transformação ao longo do tempo.
3. Sou um processo individual e não populacional.
4. Afeto características moleculares, morfológicas ou fisiológicas.
5. A intolerância a lactose é natural; eu interrompo a produção da lactase depois do desmame.
6. Taxonomistas tem problemas comigo.
7. Quando um organismo fica parecido com seu ancestral jovem, denomina-se pedomorfose, uma alteração do meu processo original.
8. Evo-devo é uma nova área que estuda a evolução em mim.
9. Em um nível molecular, sou chamada de regulação gênica.
10. Quando existe muita diferença entre o jovem e o adulto de uma espécie, todos me culpam.

Carta Chave 15: Ontogenia.

O estudo das transformações genéticas, morfológicas, fisiológicas ao longo da vida de um organismo desde a concepção até sua morte é o desenvolvimento. A biologia do desenvolvimento (ontogenia) foi por muito tempo limitado ao estudo do

desenvolvimento embrionário. Neste sentido, as observações e as análises teriam o objetivo de se descobrir as formas, os comportamentos e as funções que determinados órgãos dos organismos poderiam ter. Peter Calow que, em 1983 no seu *Princípios evolutivos*, cunhou o termo “Biologia Evolutiva do Desenvolvimento” – ou simplesmente, Evo-Devo, unifica a evolução e o campo do desenvolvimento, se tornando um novo campo das transformações biológicas ao longo do tempo.

Darwin em seu livro *A Origem das Espécies*, 1859, já deu destaque aos estudos de embriologia, como importantes para o entendimento do processo evolutivo. Fritz Muller (1864), trabalhando com crustáceos, relacionou o desenvolvimento embrionário desses organismos com a história evolutiva do grupo. Haeckel teorizou que a filogenia reflete a ontogenia, em sua Lei da Bioenergética.

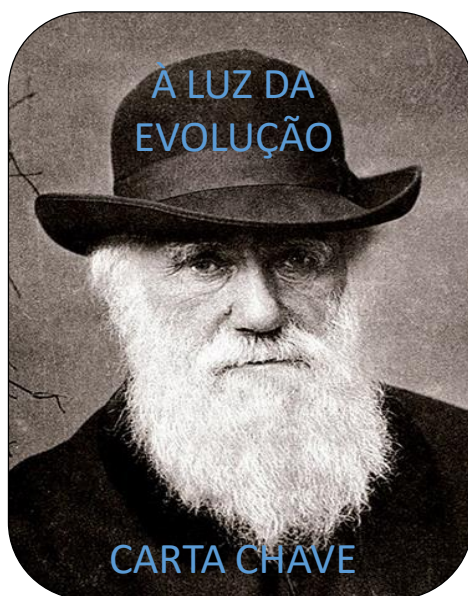
Theodozius Dobzhansky, em sua publicação: *Genética e a Origem das Espécies*, 1937, estabelece a base do entendimento de evolução das espécies na genética de populações, mas trouxe um período de nebulosidade na relação da evolução com a ontogenia. Antes dele, William Bateson já tinha argumentado contra a embriologia no pensamento evolutivo, chegando a afirmar que os geneticistas seriam os substitutos dos embriologistas e dos morfologistas.

Richard Benedict Goldschmidt (1918) e Conrad Waddington (1940) estudaram o padrão de expressão fenotípica de um determinado fenótipo em razão das variações ambientais (norma de reação) e das reações por exposição a um agente mutagênico. Analisando a resposta do fenótipo, os pesquisadores concluíram que o fenótipo torna-se geneticamente modificado por seleção artificial ou natural. Julian Huxley, em 1942, destaca a importância do estudo do desenvolvimento e da ação gênica, inclusive com status dos processos de mutação e seleção, como primordiais para o processo evolutivo.

Somente no final da década de 1970 e no início da década de 1980, com a publicação do livro *Ontogenia e Filogenia* (1977) de Stephen J. Gould, a embriologia se relaciona sem amarras ao processo de evolução. Gould relaciona a heterocronia – mudanças nos padrões temporais de processos de desenvolvimento entre os descendentes e ancestrais – como sendo uma importante evidência de que a evolução e as alterações no desenvolvimento – como por exemplo a neotenia em alguns organismos – estão intimamente relacionadas.

A descoberta dos *genes homeóticos* (genes HOX) deram ainda mais base sólida para o Evo-Devo. Tais genes são pequenos (180 pares de base) e apresentam sequência muito conservada, responsável pela codificação de fatores de transcrição. Mudanças na regulação destes fatores podem levar a modificações profundas na estrutura do corpo do organismo mutante. Um exemplo é a mosca antenapedia, que apresenta pés no lugar de antenas com mudanças deste tipo. Com o advento de novas tecnologias de análise molecular, os estudos de heterocronia, genes homeóticos, epigenética, levaram a Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, uma disciplina forte no campo dos estudos evolutivos.

Migração



CONCEITO MIGRAÇÃO

1. Em humanos, existem questões legais que me inibem.
2. Eu posso intermediar a transmissão de doenças, por isso, sou perigosa.
3. Promovo a união das populações naturais.
4. A globalização me ajuda muito.
5. Sou uma força evolutiva.
6. Eu torno o pessoal menos diferente.
7. Se a especiação já aconteceu, eu posso aumentar a competição.
8. Tenho muita influência na biogeografia.
9. Sou conhecida por impedir a especiação.
10. Transporte barato e eficiente é a chave para eu conseguir crescer.

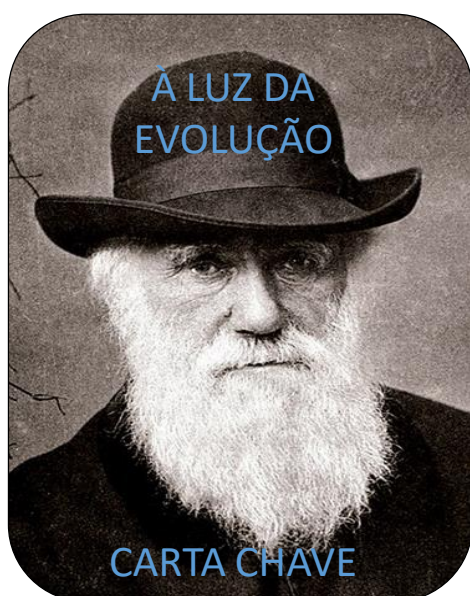
Carta Chave 16: Migração.

John Alcock ressalta a importância da migração em sua obra *Comportamento animal: uma abordagem evolutiva* de 2016. Nela, ele discute dois tipos de migração, de espécies com migração sazonal (como aves migratórias, por exemplo) ou de uma espécie que muda de lugar em busca de um recurso qualquer, como: comida, lugar para reprodução, clima ameno e ambiente mais seguro para os filhotes. Eventos de territorialidade em algumas espécies são fatores que inibem o processo de

migração de indivíduos de populações diferentes. Assim, quanto menor o gasto energético gasto na migração para a obtenção de algum recurso, mais vantajoso é para o indivíduo imigrante (Alcock 2016).

Em termos evolutivos, a migração é uma força evolutiva muito importante, pois proporciona que grupos de genes de uma população possam se misturar com genes de outras populações, através da reprodução sexuada. Assim, a migração incrementa a variabilidade genética em populações que recebem o migrante além de promover a homogeneização, entre as populações de uma determinada espécie, impedindo a especiação. Processos de migração na população humana são eventos comuns, porém dependem de uma série de fatores que, por um lado auxiliam: como por exemplo a globalização mediada pelo advento da internet por outro lado atrapalham, como barreiras políticas e sociais.

Biogênese



CONCEITO BIOGÊNESE

- 1.Minha essência só funciona depois da origem da vida.
2. Trabalho junto com a herança das características.
- 3.Foi me testando que o controle científico de um experimento iniciou.
- 4.Joseph Lister, o pai da Medicina moderna, leu o artigo que me colocou no topo do mundo e desenvolveu os princípios modernos de higiene hospitalar.
- 5.Redi apostou em mim e convenceu muita gente.
- 6.Eu digo: filhos nascem de pais.
- 7.Antes de mim, acreditavam em receitas para criar ratos.
- 8.Meu pai foi o francês Louis Pasteur.
- 9.A abiogênese é minha irmã malvada.

Carta Chave 17: Biogênese.

A origem da vida se confunde com a discussão que se gerou entre a abiogênese – ou geração espontânea – e a biogênese. Segundo Aristóteles, um *sopro vital* do divino foi insuflado aos animais superiores (como o ser humano, cães,

etc.) o que configurou a vida nestes seres. Este sopro então seria repassado na reprodução aos descendentes destes animais. No caso dos animais (insetos, moluscos, anfíbios, etc.), a vida aconteceria espontaneamente, não sendo um produto de um processo reprodutivo (Damineli&Damineli 2007).

Neste contexto, Francesco Redi (1626-1697) observou que as larvas em animais mortos se transformavam em moscas, sendo parte do ciclo de vida deste animal. Assim, Redi utilizou frascos contendo carne nos quais constatou que as larvas se originavam de ovos que moscas haviam depositado previamente na carne nos frascos (Figura 23) (Ouverney 2015). Ainda que este experimento não viria a derrubar totalmente a geração espontânea, jogou sobre ela uma grande dúvida no meio científico da época.

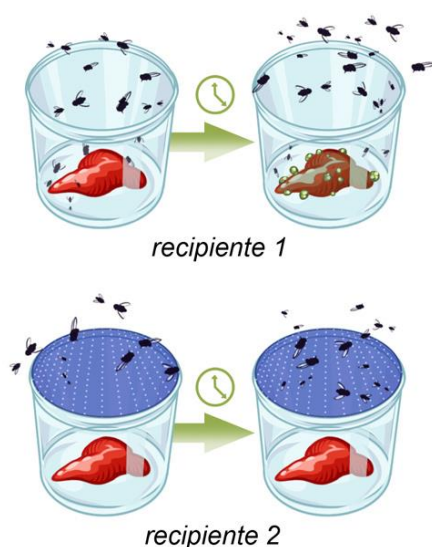


Figura 23: Experimento de Redi. Um ponto importante foi o uso de frascos controle neste experimento pioneiro. <https://bit.ly/2lDTJ1l> (Acesso em 05/08/2019).

John TurbervilleNeedham (1713-1781) analisou o caldo de carne previamente esterilizado por aquecimento. Quando foram colocados para descansar por determinado tempo, percebeu o que descreveu como *animálculos* – seres microscópios observados no microscópio pela primeira vez por Anton van Leeuwenhoek (1632-1723). Assim, ele concluiu que estes microrganismos eram provenientes de uma *força vegetativa* que insuflaria *vida* nestes organismos (figura 24). LazzaroSpallanzani (1729-1800) refez os experimentos de Needhan, com uma alteração: ele lacrou os frascos de caldo de carne após o processo de esterilização,

assim não houve o aparecimento de microrganismos na análise que se deu após o experimento (figura 24).

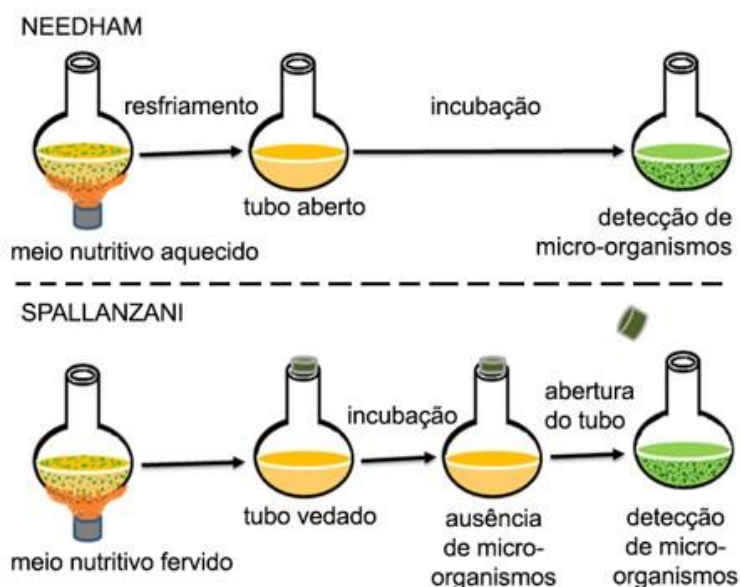


Figura 24: Comparação entre os experimentos de Needham e Spallanzani.

<https://bit.ly/2khUz3Q> (Acesso em 05/08/2019).

Finalmente, foi Louis Pasteur (1822-1895) que aceitou o desafio da Academia Francesa de Ciências de rejeitar a abiogênese, elucidando a origem dos microrganismos que apareceram no modelo de Needham. Para isso, Pasteur usou um frasco do tipo balão com *pescoço de cisne*, que possuía um gargalo em “S”. Neste frasco, ele aquecia o frasco de forma a esterilizá-lo, sem lacre após a esterilização, deixando o líquido do frasco em contato como o ar. Ao analisar o líquido, ele constatou que o interior do frasco estava estéril. Os defensores da abiogênese ponderaram: ao ferver, o pesquisador eliminou o *sopro vital* do ar impossibilitando o surgimento dos microrganismos.

Entretanto, Pasteur continuou o experimento. Nas gotículas que se condensava no pescoço do frasco, haviam microrganismos, ou seja, eles eram originados do ar. Ao quebrar o frasco na base do pescoço, ele deixou o líquido interno do frasco exposto ao ar. Dias depois, constatou que os microrganismos do líquido eram semelhantes aos que estavam no pescoço. Assim, a fervura não

eliminou o *sopro vital*, mas simplesmente eliminou todos os microrganismos que estavam no líquido até aquele momento. Desta forma, ele refutou a abiogênese (figura 25) (Lopes 2004).

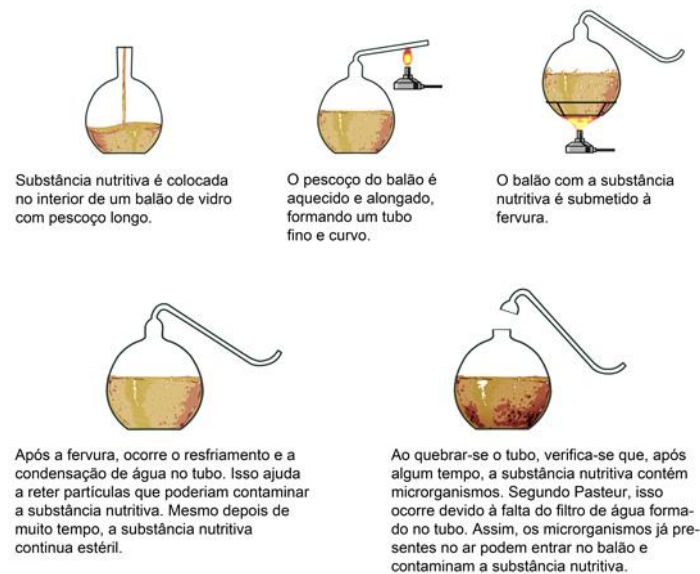
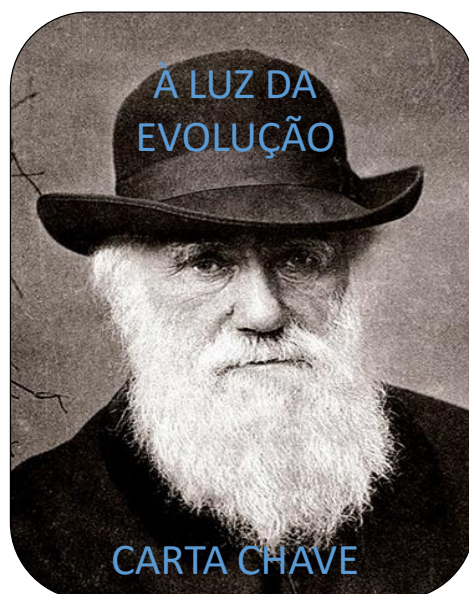


Figura 25: Descrição do experimento com o frasco Pescoço de cisne de Pasteur.

<http://bit.ly/2lxmKvK> (Acesso em 05/08/2019).

Grupo monofilético



CONCEITO GRUPO MONOFILÉTICO

1. Só apareço quando você mostra o tempo.
2. Minha mãe é um evento de especiação.
3. A vida é classificada com meu nome.
4. Sou a essência da Sistemática filogenética.
5. Todos me buscam na classificação.
6. Darwin foi o primeiro a me notar, mas foi Hennig que disse como me achar.
7. Répteis não existem, dizem meus especialistas.
8. A maneira de me achar é por uma árvore filogenética.
9. Eu sou o ancestral comum e mais todos os descendentes dele.
10. Quando colocam mais do que meus filhos, nasce meu primo polifilético, menos nasce um parafilético.

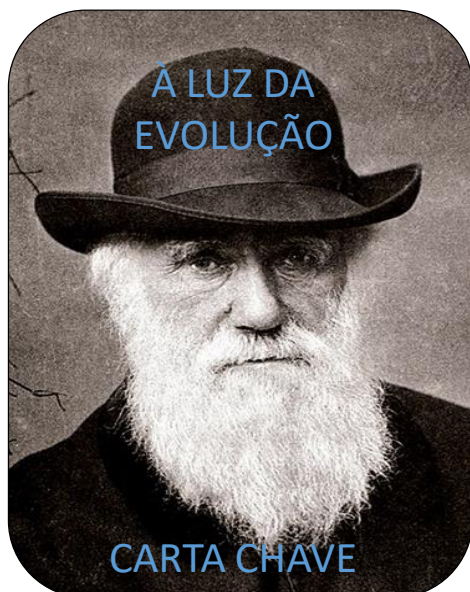
Carta Chave 18: Grupo monofilético.

Os grupamentos monofiléticos são grupos formados por um ancestral exclusivo e mais todos os organismos descendentes dele. Esse grupo compartilha homologias que estavam presentes no ancestral comum deles (Ridley, 2009). Willi Hennig propôs que apenas grupos monofiléticos podem ser considerados naturais, pois são os únicos que transportam informação da história evolutiva daquela linhagem.

Em um nome qualquer taxonômico, podemos reunir qualquer conjunto de espécies. Entretanto, somente os grupamentos monofiléticos refletem uma realidade evolutiva o que os torna únicos em possuírem validade biológica (Santos, 2008). Ainda existem grupos parafiléticos – grupos monofiléticos onde se falta uma ou mais descendentes – e grupos polifiléticos – grupamentos com espécies pertencentes a vários grupos monofiléticos distintos (Amabis e Martho, 2004). Entretanto, esses dois tipos são intercambiáveis dependendo de quando se considera o ancestral comum. O que não é intercambiável é monofilético com não-monofilético.

Se os organismos recebem seu genoma de seus ancestrais, um grupo monofilético é um grupo de espécies que já foi um dia uma única espécie. Como todas as espécies, uma espécie compartilha suas características, no sentido em que se acontecer uma mutação em um indivíduo, esta mutação tem o potencial de se espalhar a todos os descendentes de todos os membros da espécie. Assim, nomes que estão relacionados a grupos monofiléticos servem para associar características que ainda não foram descobertas ainda, pois grupos monofiléticos compartilham o que conhecemos e o que não conhecemos deles. Isso acontece, pois um grupo monofilético já compartilhou seu genoma um dia, quando eram uma única espécie evoluindo em conjunto.

Biodiversidade



CONCEITO BIODIVERSIDADE

1. Aceito restrições temporais e espaciais.
2. O Instituto Chico Mendes só tem olhos para mim.
3. Dependo de insetos polinizadores, como as abelhas.
4. Estou ficando cada vez mais magra.
5. Todos querem me salvar, mas precisam trabalhar melhor para isso.
6. Sou o que você vê de diferente na natureza.
7. Para me ajudar, diminua a produção de lixo e elimine o desperdício alimentar.
8. Aquecimento global não gosta de mim.
9. No mar, sou mais forte em recifes de coral e na terra em florestas tropicais.
10. Parques nacionais tem objetivo de me preservar.

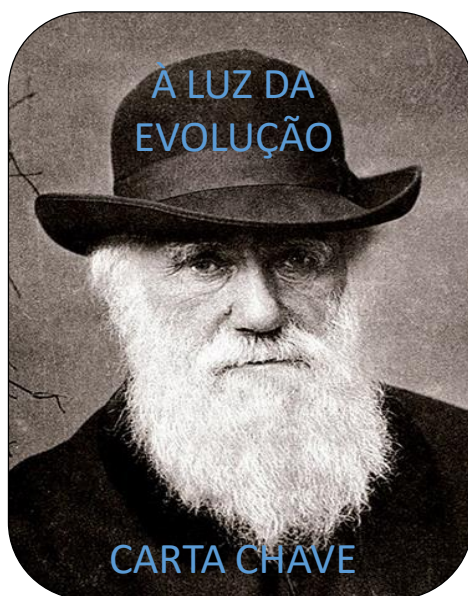
Carta Chave 19: Biodiversidade.

O conceito de biodiversidade apareceu pela primeira vez em 1988 no livro do biólogo Edward O. Wilson intitulado *Biodiversidade* (Franco 2013). Em seu prefácio, Wilson retrata como são incríveis as variadas formas de vida, enfatizando que, por mais variadas e de tão grande número, muito ainda está para ser descoberto. O biólogo ainda tem atenção para o prejuízo da ação humana em relação destruição ambiental e a relevância que isso é para a diminuição da biodiversidade (Wilson, 1997).

Segundo Russo (2018), o conceito de biodiversidade é relacionado com a diversidade da vida no planeta Terra e, essa vida, pode ser organizada em grupos de acordo com suas características utilizando critérios arbitrários ou naturais. Russo (2018) continua detalhando que a biodiversidade pode estar restrita a critérios espaciais (onde aquela diversidade está alocada) e a critérios temporais (qual o momento que esta diversidade está representada). Assim, é necessário que a informação do local a que se restringe aquela biodiversidade e o tempo (presente, passado, futuro), onde ela está imersa, é primordial para se estabelecer um estudo sobre aquele conjunto de seres vivos.

Franco (2013) discute que o fomento de uma biologia da (para a) conservação, seja como uma subárea da biologia, seja como um importante eixo transversal que deve perfazer as diversas atividades socioeconômicas humanas. A biologia da conservação tenta fomentar três importantes aspectos da vida na Terra: a biodiversidade; integridade ecológica, nos sistemas; e sua resiliência e sua habilidade de resistir ao longo do tempo, ou seja, a saúde ecológica do sistema (Callicott et al. 1999). A biologia da conservação norteia a criação de unidades de conservação pelos governos e impulsiona a criação de organizações não governamentais (ONGs), dando suporte de alerta para ameaças à biodiversidade.

Evolução



CONCEITO EVOLUÇÃO

1. Sem variação eu não existo.
2. Apareci com o primeiro ser vivo.
3. Não tenho um objetivo nem propósito.
4. Minha matéria prima é a mutação.
5. Sou um conceito populacional, não sou aplicável a indivíduos.
6. Quando atuo no genoma, a minha maior força é o acaso também chamada de deriva gênica.
7. Não devo ser confundida com progresso.
8. Existem dois processos que transformam ao longo do tempo, o desenvolvimento de um indivíduo do ovo até o adulto e eu.
9. Charles Darwin foi um ferrenho defensor de minhas ideias.
10. Minha força mais conhecida é a seleção natural.

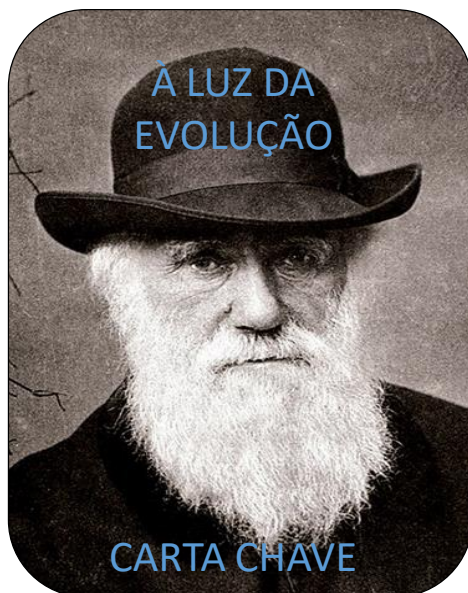
Carta Chave 20: Evolução.

Mark Ridley, em seu livro *Evolução* (2009), define evolução como: *mudança nos seres vivos por descendência com modificação*. A biologia evolutiva é a área de maior abrangência da biologia formando sua base e unificando as áreas de conhecimento dentro das ciências biológicas. Este caráter integrador coloca a teoria da evolução como umas das mais importantes ideias do ser humano em toda a nossa história.

A evolução é um conceito populacional pelo qual as populações se transformam ao longo das gerações, e foi tradicionalmente limitado às mudanças morfo-anatômicas. Entretanto, depois da Era Genômica, a evolução vem sendo associada à modificação que ocorre nas frequências gênicas nas populações naturais ao longo do tempo, ou seja, de uma geração para outra. Entretanto, outras definições como a de Nei já comentada anteriormente também são interessantes.

Charles Darwin (1809-1882) ficou conhecido pela obra *A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida* (1859). Nesta obra, ele elabora a ideia que os seres vivos se transformam ao longo do tempo e é baseada em duas ideias principais o mecanismo transformador e a ancestralidade em comum. A força transformadora do processo evolutivo é a seleção natural, também proposta por Alfred Wallace, além das outras ideias relevantes como variação, ancestralidade comum e gradualismo, o seu modelo de teoria evolucionista, chamado por alguns de Darwinismo (Mottola 2011).

Jean Baptiste Lamarck



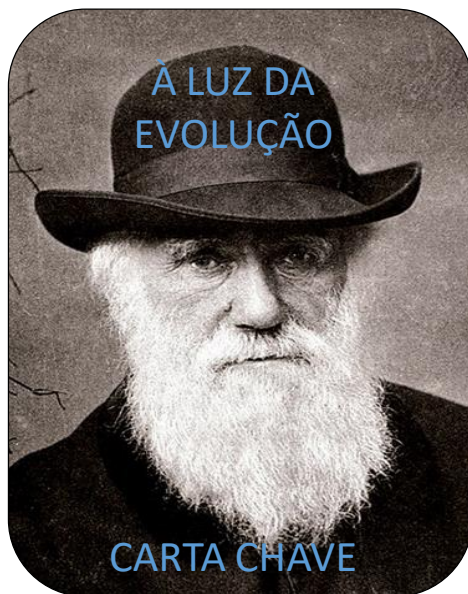
PERSONALIDADE JEAN BAPTISTE LAMARCK

1. Fui um dos primeiros transformistas.
2. Cunhei o nome "invertebrados".
3. Fui reconhecido, por minhas teorias evolutivas, somente depois de minha morte.
4. Eu acho que as espécies querem evoluir para conseguirem se adaptar ao ambiente.
5. Publiquei o livro *Filosofia Zoológica*, sobre uma teoria da evolução.
6. Eu sei que o ambiente altera as características e essas alterações são herdáveis.
7. Se um órgão é usado demais, ele hipertrofia e essas alterações são herdáveis.
8. Minhas ideias evolutivas são associadas a modelos de evolução das girafas.
9. Sou mais conhecido pelos meus erros do que pelos meus acertos.
10. Sou um naturalista Francês e tenho o título de Cavaleiro.

Carta Chave 21: Jean Baptiste Lamarck.

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Cavaleiro de Lamarck (1744-1829), foi o primeiro autor a propor uma teoria evolutiva explicando como os organismos se adaptam ao meio (Mayr, 1998). Ver mais sobre Lamarck na Introdução.

Alfred Russel Wallace



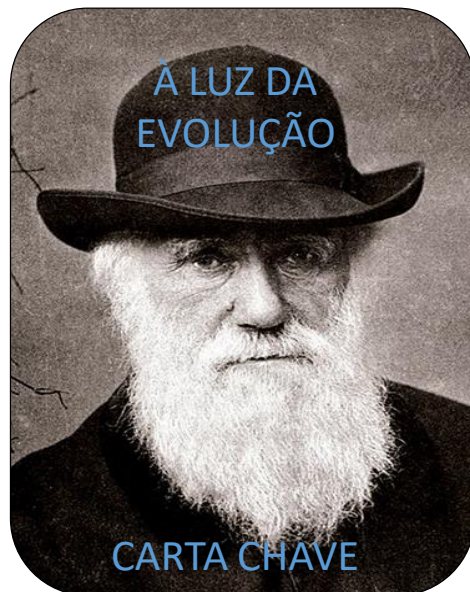
PERSONALIDADE ALFRED RUSSEL WALLACE

1. Perdi toda a minha pesquisa em um infeliz naufrágio no Oceano Atlântico.
2. Passei muito tempo na Malásia e na América do Sul, estudando a diversidade.
3. Sou o pai da biogeografia, ou como os organismos se distribuem no espaço.
4. Me inspirei nas viagens maravilhosas de Alexander von Humboldt e Charles Darwin.
5. Apresentei minhas ideias sobre evolução na Sociedade Linneana.
6. Sou pesquisador inglês.
7. Eu e Darwin ficamos muito amigos.
8. Como Darwin, eu não sabia a origem das variações.
9. Fui proponente da seleção natural junto com Charles Darwin.
10. Pesquisei na Amazônia sobre a distribuição das espécies vegetais e animais.

Carta Chave22: Alfred Russel Wallace.

Alfred Russel Wallace foi um biólogo inglês, responsável pela proposta da seleção natural como mecanismo evolutivo que promove a adaptação ao meio. Além disso, Wallace é considerado como o pai da biogeografia. Ver mais sobre Wallace na Introdução.

Charles Darwin



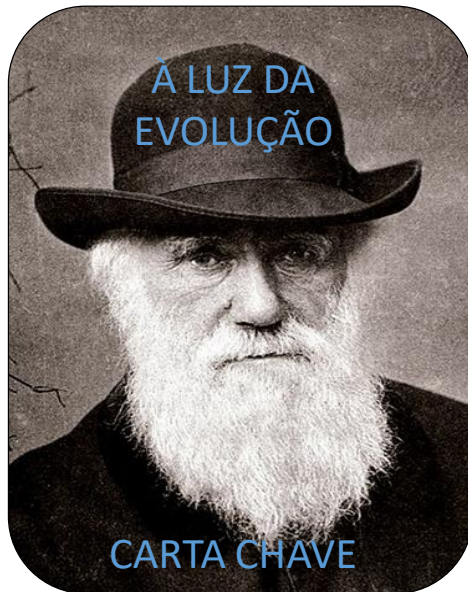
PERSONALIDADE CHARLES DARWIN

1. Quando jovem, meu pai queria que eu fosse médico como ele, mas eu gosto de biologia.
2. Tive um papel, junto com Copérnico, na descida dos humanos do grande pedestal em que viviam.
3. Usei os trabalhos de Thomas Malthus e Charles Lyell para a minha teoria.
4. Fui o início de uma revolução sem precedentes sobre como nos vemos no mundo.
5. Levei 20 anos para publicar minha pesquisa.
6. Fui proponente do mais evidente processo evolutivo.
7. Viajei durante 5 anos pelo mundo todo coletando dados para a minha pesquisa.
8. Em Galápagos, eu estudei os tentilhões e os iguanas marinhos.
9. Meu livro, escrito há mais de duzentos anos, é a base da biologia moderna.
10. Sou um pesquisador inglês.

Carta Chave 23: Charles Darwin.

Charles Darwin foi um biólogo inglês responsável pelas bases da biologia moderna. Seu livro *A Origem das Espécies* já foi considerado por muitos como o livro mais importante jamais escrito e a ideia de que fazemos parte da diversidade biológica, como a ideia mais fundamental já tida. Ver mais sobre Darwin na Introdução.

Gregor Mendel



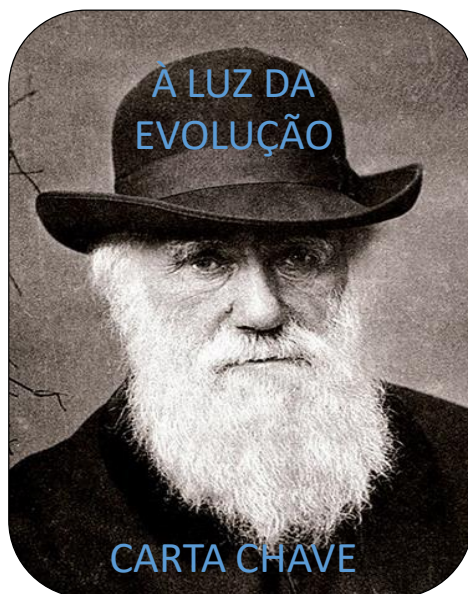
PERSONALIDADE GREGOR MENDEL

1. Apesar de brilhante, nunca consegui ser professor, pois não passava na prova de aula.
2. Também estudei abelhas, mas pouca gente sabe disso.
3. Levou muito tempo para a comunidade aceitar minhas conclusões.
4. Estabeleci as leis da herança.
5. Nasci na Áustria.
6. Selecionava plantas para o cruzamento, e anotava os resultados.
7. Iniciei meus estudos em Física mas acabei me tornando monge agostiniano.
8. Fui perspicaz em perceber a diferença entre características dominantes e recessivas.
9. Sou o pai da Genética.
10. Ervilhas verdes e amarelas, altas e baixas, flor rosa e flor branca, contei todas elas.

Carta Chave 24: Gregor Mendel

Gregor Johann Mendel (1822-1884) é hoje conhecido como “pai da genética” que percebeu na vida no mosteiro como uma oportunidade para continuar seus estudos sem as condições financeiras necessárias. Muitos também colocam que a teoria talvez passasse despercebida a ele caso ele não tivesse uma vertente nas ciências exatas que lhe forneceu uma mente mais acostumada a cálculos e probabilidade. Ver mais sobre Mendel na Introdução.

Carlos Lineu



PERSONALIDADE CARLOS LINEU

1. Sou poeta mas sou mais conhecido por ter estudado história natural.
2. Particpei no desenvolvimento da escala Celsius, invertendo a proposta de Celsius.
3. O meu maior trunfo foi separar a descrição de uma espécie do nome dela.
4. Propus vários ranks taxonômicos usados até hoje, mas não o rank "Filo".
5. Descrevi mais de 11 mil espécies de animais, vegetais e a nossa.
6. Eu organizei a classificação biológica!
7. Sou responsável pelo uso do binômio para identificar uma espécie.
8. De tanto que meu nome aparece nas descrições, já me abreviavam para "L."
9. Sou o pai da taxonomia.
10. Trocaram meu nome para Carolus Linnaeus. Adorei!

Carta Chave 25: Carlos Lineu.

Com o nome e batismo Carl Von Liné, Lineu foi o pai da taxonomia dos seres vivos. Lineu foi médico, agricultor, agrimensor, além de praticante do ordenamento das coisas (Nomura 2011). Nasceu na Suécia, em 1707, e logo na juventude se interessou pelas rochas, pelos animais e pelas plantas. Ele iniciou seus estudos com gramática com Johan Rothman que o incentivou a estudar botânica. Seus pais queriam que ele estudasse teologia, mas Johan os convenceu que o melhor para o filho seria a carreira de médico (Klepka&Corazza 2018).

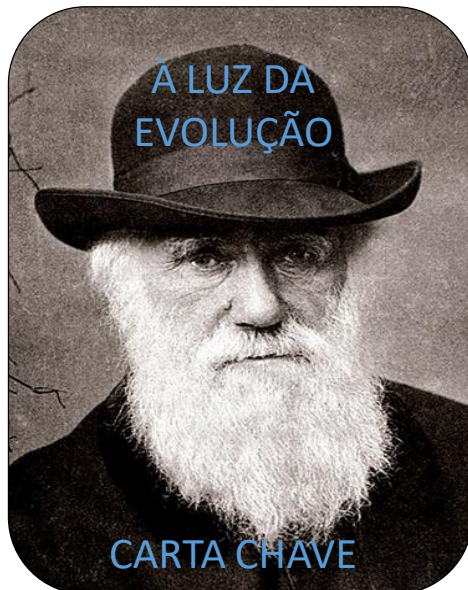
Nomura (2011) relata que, após seus estudos na Universidade de Uppsala, em Estocolmo, Lineu conquistou os títulos de professor de medicina e botânica. Esperava com sua metodologia relacionada a caracterização de gêneros e ordens, conseguir melhorar e unificar as confusas metodologias de classificação. Lineu publicou sua obra *Systema Naturae* que começou com apenas 11 páginas, mas que foi reeditado várias vezes. Nesta obra, ele publicou regras de taxonomia com o objetivo de organizar as diversas e confusas metodologias de classificação da

época, sendo primordiais para a promoção da moderna sistemática que se é utilizada hoje.

Buckeridge (2008) comenta que o sucesso da *Taxonomia Lineana* é devido primeiramente pela praticidade no uso dos binômios para se referir ao nome de uma espécie – sendo o primeiro nome do *gênero* e o segundo nome do *epíteto específico*, simplificando as metodologias confusas da época. A segunda ideia que o autor destaca sobre a metodologia de Lineu, é a hierarquia de sua classificação utilizando *reinos*, *ordens*, *classes* – o que fazia uma referência clara a nobreza dos regimes monárquicos da época, sendo um dos motivos de sua boa aceitação.

Em 1733, Lineu desenvolveu uma escala para medir temperatura, invertendo a escala inventada por Celsius que ia de 100 para zero também teve forte influência na literatura sueca. O potencial prático de suas descobertas, principalmente no que diz respeito à *taxonomia lineana* é o fato da identificação de uma espécie em meio a tantas outras. Mesmo com a utilização hoje de técnicas de identificação por caracteres moleculares, ainda utilizamos sistemas de classificação que são baseados na hierarquização lineana (Buckeridge 2008).

Willi Hennig



PERSONALIDADE WILLI HENNIG

1. Fui convocado para a 2ª Guerra mundial, mas fui ferido (ainda bem!).
2. Meu orientador, Van Emden, foi expulso da universidade por ser judeu.
3. Darwin já havia dito o básico, eu apenas criei a forma de fazer isso.
4. Eu e, outro biólogo alemão, Ernst Mayr não nos demos muito bem.
5. Ordenei os seres vivos usando a única forma natural.
6. Eu não inventei a parcimônia, mas sou fã.
7. Me chamam de o Pai da Cladística.
8. A área de Sistemática Filogenética me deve muito.
9. A base de minha proposta são as árvores.
10. Sou entomólogo alemão.

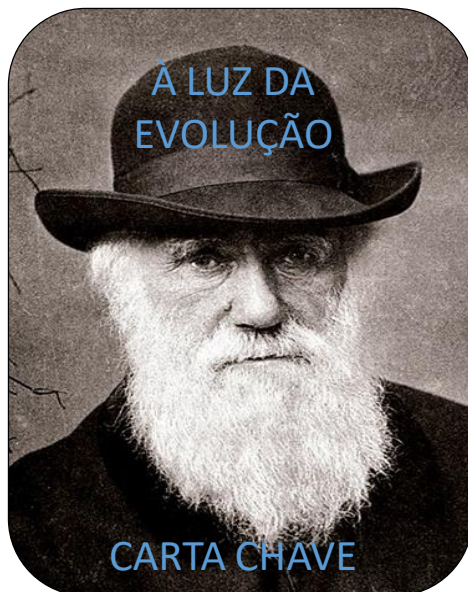
Carta Chave 26: WilliHennig

WilliHennig (1913-1976) nasceu na Alemanha em 20 de abril de 1913 e foi um entomólogo alemão e se tornou o preponente da Sistemática Filogenética, onde tem o título de *Pai* desta área da biologia. Hennig fez parte do exército alemão na Segunda Guerra Mundial, onde foi ferido na Rússia e capturado por aliados britânicos. No tempo em que ficou prisioneiro dos britânicos, Hennig rascunhou sua obra intitulada *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik* – Fundamentos de uma Teoria da Sistemática Filogenética, que seria sua grande contribuição para a biologia mundial a partir de sua publicação em 1950 (Schmitt, 2003).

A associação entre a filogenia e a taxonomia, hoje denominada Sistemática Filogenética, foi originalmente proposta por Darwin, mas permaneceu desconhecida até o trabalho de Willy Hennig em 1950. Na realidade, sua obra só ficou realmente conhecida a partir de 1966 quando foi traduzido para o inglês e gerou a revolução cladística, com epicentro no American Museum of Natural History em Nova Iorque (Schmitt 2003).

Neste livro, Hennig propõe ainda a metodologia, a cladística, que deve ser usada para estabelecimento da sistemática filogenética. Esta, por sua vez, postula que a melhor classificação para um grupo de seres vivos é aquela que reflete a história (evolutiva ou genealógica) do grupo que está sendo classificado tendo como referencial da ancestralidade comum (Amorim, 2002). Russo (1995) aponta que a utilização de caracteres moleculares em detrimento de morfológicos é mais vantajosa, haja vista que, é possível reconstruir filogenias através dos genes compartilhados por espécies muito distintas morfológicamente.

Thomas Malthus



PERSONALIDADE THOMAS MALTHUS

1. Meus colegas na escola faziam *bullying* porque tenho dedos unidos no pé.
2. Me formei com honras em Inglês, Grego e Latim.
3. Sou muito influente na geografia.
4. A base dos meus cálculos foram as progressões matemáticas.
5. Meu livro mais famoso é *Princípio de População*.
6. Digo: melhorias são temporárias pois a população cresce e tudo piora de novo...
7. Darwin pegou o fundamento de minha ideias e usou no mundo natural.
8. Sou um economista político inglês.
9. Percebi que a produção de comida cresce menos do que o aumento da população.
10. Fundei a escola Malthusiana.

Carta Chave 27: Thomas Malthus.

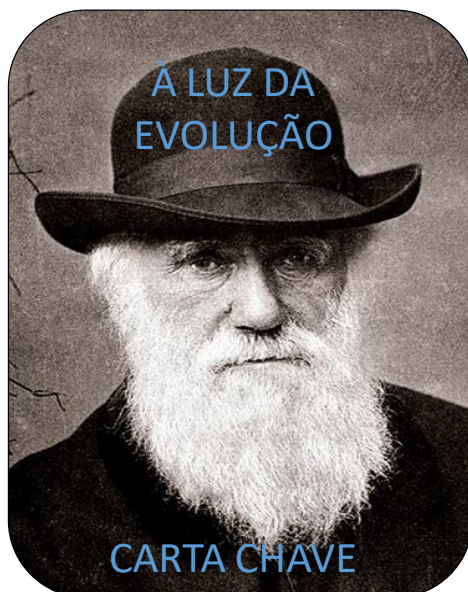
Thomas Malthus (1766-1834) nasceu na Inglaterra e, apesar de não ser naturalista, mas economista, possui um lugar importante na construção do pensamento evolutivo. Neste sentido, ele relatou que os recursos alimentares seriam escassos diante do crescimento populacional no futuro em seu ensaio sobre crescimento populacional e disponibilidade de alimento, no livro *An Essay on the Principle of Population as it affects the Future Improvement of Society*, publicado em 1798. Um fator importante da visão malthusiana é o fato dele tratar os humanos não como indivíduos separados e sim como população, como um ecologista faria ao estudar uma espécie. Tempos depois, Darwin utilizaria suas

ideias como uma das teorias que embasariam sua proposta de modelo evolutivo (Malthus, 1809).

Galvêas (1996), no prefácio do livro *Ensaio sobre as Populações*, discorre que Malthus estudou latim, grego e matemática na Universidade de Cambridge. Quando se formou, conseguiu também uma formação como sacerdote da Igreja Anglicana. Após se casar, tornou-se professor de História Moderna e Política Econômica, no colégio da Companhia das Índias Orientais em Hertfordshire.

Além do livro *Ensaio sobre as Populações*, que foi referido acima, outra obra de extrema importância seria *Principles of Political Economy Considered with a View to Their Practical Application*, de 1820 (conhecido como *Princípios de Economia Política*), onde propunha que a realização de obras públicas, dentro outras medidas políticas econômicas, para aumentar a demanda efetiva de atividade política para a sociedade. Estas ideias anteciparam em mais de cem anos as ideias básicas de política econômica apresentadas por John Maynard Keynes (1883-1946), em sua obra: *Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda*, de 1836 (Galvêas 1996).

Lynn Margulis



PERSONALIDADE LYNN MARGULIS

1. Me formei em Belas Artes com 19 anos mas mestrado e doutorado em zoologia.
2. Ajudei na reformulação da teoria de Gaia.
3. Minha tese de doutorado foi com Euglena.
4. Passei a maior parte da minha vida profissional no microscópio.
5. Meu primeiro artigo foi rejeitado 15 vezes por revistas científicas antes do aceite.
6. Me casei com uma personalidade importante na divulgação científica.
7. Dizem que sou sinônimo de simbiose como Darwin é de evolução.
8. Formulei a teoria endossimbiótica serial.
9. Eu digo: Mitocôndrias e cloroplastos eram bactérias simbióticas.
10. Sou uma mulher americana.

Carta Chave 28: Lynn Margulis.

Lynn Margulis (1938-2011) foi uma bióloga americana nascida em Chicago, onde se formou em biologia aos 20 anos na Universidade de Chicago. Casou-se com o astrofísico de renome Carl Sagan (1934-1996), de quem se separou para mais tarde. Casou-se novamente, desta vez com o cristalógrafo Thomas N. Margulis mas também se separou anos mais tarde. Em 1958, Lynn continuou seus estudos na Universidade de Wisconsin como aluna de pós-graduação e professora substituta. Seus estudos com biologia celular e genética, mediados pelo professor James Crow, influenciaram muito sua carreira.

Em 1977, estudando os tapetes microbianos em uma laguna do México, ela teceu comparações do ambiente de estudo com o ambiente primordial da Terra no início da vida. Com estes estudos, ela começava a relacionar estes organismos como atores muito importantes para a evolução da vida na Terra. Nuno Angos (2005) relata que, ao propor a Teoria da Endossimbiose Serial (SET) em 1967 (Figura 26) no *Journal of Theoretical Biology*, Margulis defende que as organelas celulares – mitocôndrias que fazem a respiração celular – e cloroplastos que fazem a fotossíntese – são resultados de um processo de simbiose entre células procarióticas que se deram origem aos eucariotos primitivos. Sua conclusão foi apoiada em estudos com bactérias em comparação com mitocôndrias e cloroplasto aonde chegou aos seguintes resultados:

- O tamanho das mitocôndrias e dos cloroplastos é similar ao tamanho de algumas bactérias;
- As cristas mitocondriais podem ser comparadas com os mesossomas (invaginação ou dobra da membrana plasmática para o interior do citoplasma que acontece em algumas espécies) de bactérias;
- A presença de material genético próprio nestas organelas sugere uma história como organismo separado;
- O material genético das organelas, como o das bactérias, é circular;
- A existência de uma dupla membrana nas organelas (uma seria da bactéria original e outra do vacúolo de integração na célula);

- A replicação do DNA e a síntese de proteínas das organelas são autônomas em relação aos processos do núcleo;
- Os ribossomos das mitocôndrias e cloroplastos são iguais aos das bactérias, 70s;
- Os centros de obtenção de energia, tanto em bactérias como em mitocôndrias e cloroplastos, são nas membranas;
- Mitocôndrias e cloroplasto podem se dividir e formar organelas filhas com autonomia.

Margulis, em seu artigo *Symbiosis in Cell Evolution* de 1981, descreve com sucessivas simbioses a formação das diferentes células eucarióticas:

- Na primeira simbiose, uma bactéria espiroqueta (nadadora) se funde com uma bactéria que utiliza enxofre e calor como fonte de energia sendo o primeiro eucarioto (com membrana nuclear) o ancestral de todos os pluricelulares;
- Na segunda simbiose, um eucarioto fermentador anaeróbico se fundiria com uma bactéria aeróbia aumentando sua capacidade de obter energia. Surgiam às células eucarióticas com mitocôndrias, ancestrais da maior parte dos eucariontes;
- A próxima simbiose seria entre os eucariontes aeróbios e as cianobactérias, originando os cloroplastos. Esses organismos primitivos viriam a utilizar energia solar e matéria inorgânica para fabricar energia, gerando assim matéria orgânica – fotossíntese. Assim surgiriam as células vegetais.

Além de ter proposto a teoria endossimbiótica serial, Margulis colaborou na classificação da vida em cinco reinos e na descrição da hipótese de Gaia – proposta por James Lovelock em 1979 (Nuno Angos, 2005).

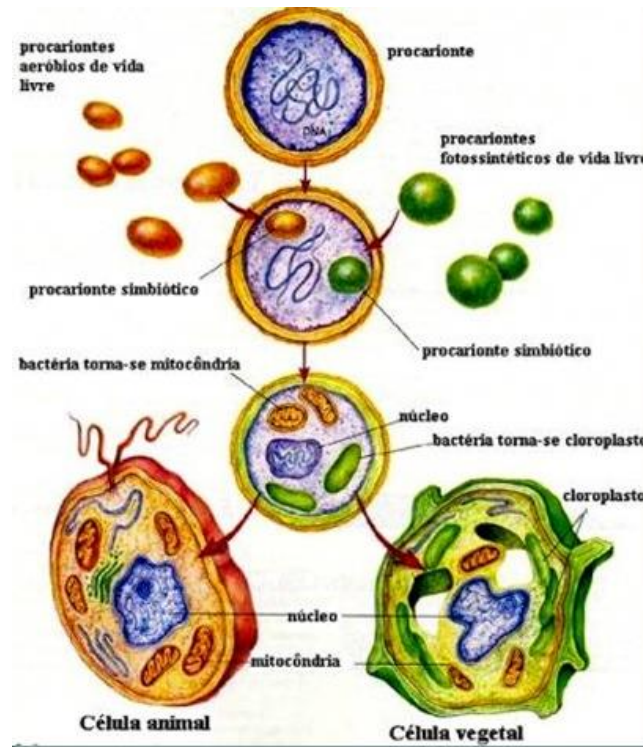
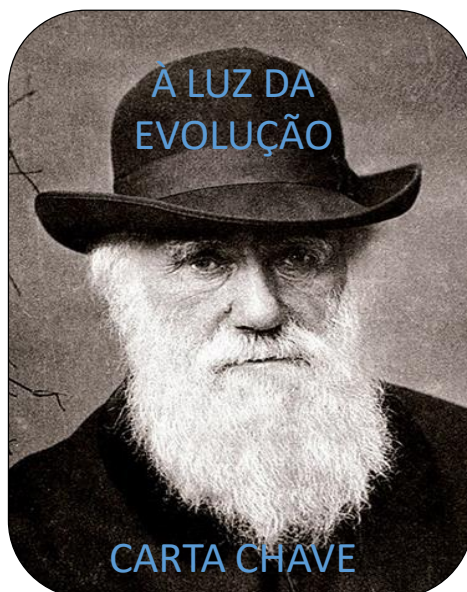


Figura 26: Representação de modelo Teoria Endossimbiótica Serial.

<http://bit.ly/2ki00zO> (Acesso em 11/08/2019).

Alexandre Oparin



PERSONALIDADE ALEXANDER OPARIN

1. O trabalho de Darwin muito me inspirou.
2. Fui fundador da bioquímica industrial em meu país.
3. Sou um bioquímico russo.
4. Por escrever em russo, o mundo demorou para saber das minhas ideias.
5. Haldane propôs uma teoria bem parecida com a minha.
6. Eu digo: não existe diferença química entre a vida e a matéria inanimada.
7. O experimento de Miller-Urey testou o que eu não consegui testar.
8. Descobertas em atmosferas de outros planetas me inspiraram em dizer que a atmosfera da Terra primitiva era redutora.
9. Eu boleie uma teoria de origem da vida.
10. Fui responsável por experimentos com coacervados.

Carta Chave 29: Alexandre Oparin.

Aleksander Ivanovich Oparin (1894-1980) nasceu em Uglic (antiga União Soviética). Formou-se em 1917, ano da revolução russa, se tornando professor de fitofisiologia e bioquímica na Universidade de Moscow. Em 1935, fundou e organizou, junto com Aleksei Nikolaevic Bach (1857-1946), o Instituto Bioquímico da Academia de Ciências da URSS, dirigindo-o desde 1946 até sua morte.

Gasparri (2016) relata que a influência do pensamento de muitos pesquisadores como Engels, Haeckel e Darwin, foram importantes para sua leitura da origem da vida. Dentre estes Darwin, segundo a autora, teria sido a inspiração magna, tendo Oparin utilizado à teoria darwiniana para explicar a evolução da matéria. Ernst Haeckel (1834-1919) *Monographie der Moneren* (Monografia das moneras) de 1866, discorre sobre a formação dos coloides – aglomeração de moléculas proteicas (como os coacervados pra Oparin) – advindos de auto-organização de matéria bruta em oceanos primitivos.

Utilizando as ideias de Darwin, Oparin preconizou que, em relação à evolução dos processos de obtenção de energia, os seres autotróficos não poderiam ter surgido primeiro e sim os heterótrofos, ou seja, do mais simples para o mais complexo. John Burton Sanderson Haldane (1892-1964), em seu artigo *A origem da vida*, de 1929, no livro *Rationalist Annual*, chegou a resultados parecidos com o de Oparin. Entretanto, algumas divergências podem ser apontadas, como por exemplo, o primeiro organismo vivo não seria um aglomerado e sim uma molécula grande. Haldane sempre deixou claro que Oparin propôs antes dele a ideia sobre a origem heterotrófica da evolução química sobre a origem da vida.

Oparin afirmou em sua teoria que os primeiros seres surgiram na Terra a partir da reação entre si de moléculas simples, tal como: metano, amônia, e hidrogênio. Estas reações promoviam a formação de biomoléculas (aminoácidos, carboidratos, bases nitrogenadas, lipídios, etc.), e, a partir daí, ocorreria a formação de agregados de biomoléculas, formando biopolímeros. Da combinação de biopolímeros, surgiriam os coacervados, que lembrariam as células vivas dos dias atuais (Gasparri 2016).

Cabe ressaltar que, em cada etapa de polimerização, Oparin sempre pontuou a necessidade de muito tempo em etapas graduais, para que acontecessem as diferentes formações. Uma das premissas para a teoria de Oparin é a da atmosfera primitiva da Terra ser altamente redutora e as reações químicas de polimerização

acontecer nos oceanos primitivos. Em 1952, muitas das ideias de Oparin foram corroboradas por Stanley Miller (1930-2007) que construiu de um modelo que simulasse as condições ambientais primitivas propostas por Oparin, obteve como resultado a formação de algumas biomoléculas orgânicas – principalmente aminoácidos – tendo em tese, chegado às mesmas conclusões que Oparin (Figura 27).

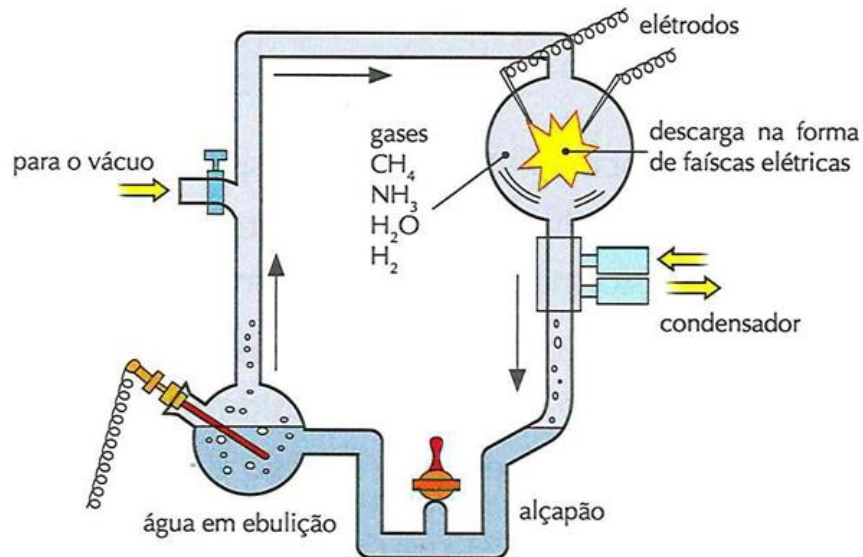
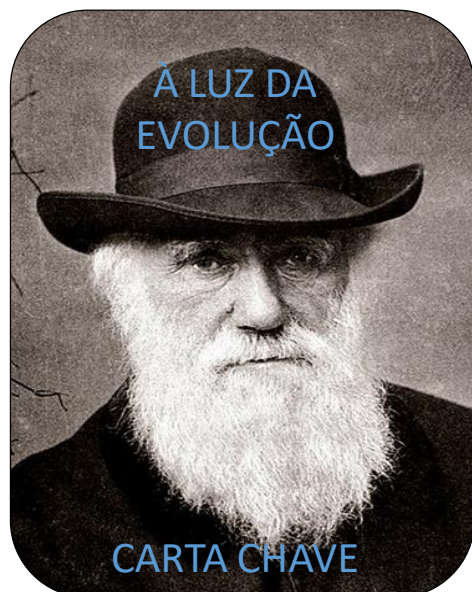


Figura 27. Aparato experimental de Miller que simulava o ambiente primitivo da Terra.<http://bit.ly/2IUUV7Ni> (Acesso em 11/08/2019).

Carlos Chagas



PERSONALIDADE CARLOS CHAGAS

1. Fui expulso do colégio quando pequeno.
2. Parece que Darwin tinha a doença que me fez famoso.
3. Sou brasileiro de Minas Gerais.
4. Recebi diploma *Honoris causa* das Universidades de Harvard e de Paris.
5. Pasteur foi uma grande inspiração.
6. No surto de gripe espanhola em 1918, recebi a missão presidencial de salvar a situação.
7. Me formei na UFRJ e trabalhei na Fiocruz.
8. Eu descrevi o agente patogênico, o vetor, os hospedeiros, e a doença. Só eu fiz isso.
9. Não sou barbeiro, mas trabalhei com eles.
10. Eu e Oswaldo Cruz formamos uma dupla excepcional no combate a doenças tropicais.

Carta Chave 30: Carlos Chagas.

Carlos Ribeiro Justiniano Chagas nasceu em uma fazenda de café próxima de Oliveira (MG) no dia 8 de julho de 1878, filho de José Justiniano Chagas e de Mariana Cândida Ribeiro de Castro Chagas. Em 1888, foi expulso do Colégio São Luís em Itu, São Paulo, por indisciplina, pois tinha ido ao encontro de sua mãe sem autorização, fugindo do internato. Em 1897, se mudou para o Rio de Janeiro para estudar medicina na Universidade do Brasil (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ).

Na Faculdade de Medicina, sempre muito curioso e ávido por entender processos de experimentação, buscava acompanhar as novidades da microbiologia, estabelecidas por Louis Pasteur e Robert Koch. Em 1902, para redigir sua tese de doutorado, exigida para exercer a função de médico, se dirigiu ao Instituto de Manguinhos – que em 1908 receberia o nome de Instituto Oswaldo Cruz. Após defender sua tese, ele começou sua carreira de médico no Hospital Paula Cândido, em Jurujuba, Niterói. Em 1905, ele foi designado por Oswaldo Cruz, para combater uma epidemia de malária em Santos, São Paulo e, em junho de 1907, foi mandado a Minas Gerais para outra epidemia de malária em um laboratório improvisado em um vagão de trem estudava insetos e protozoários.

Em 1908, um inseto sugador de sangue chamou sua atenção associando-o às frestas das paredes das casas de pau a pique típicas das áreas rurais do país. O inseto era conhecido como “barbeiro” pelo fato de picar preferencialmente o rosto das pessoas durante à noite. Analisando esses insetos, Chagas encontrou um protozoário em forma de tripanossoma, enviando alguns para Oswaldo Cruz. Sabendo que alguns macacos cobaias haviam adoecido, Carlos Chagas voltou ao Rio de Janeiro, e constatou que se tratava de uma nova espécie de tripanossoma, que denominou de *Trypanosoma cruzi* em homenagem a Oswaldo Cruz. Voltando a Minas Gerais, para analisar se o parasito poderia infectar humanos, constatou uma menina em estado febril que tinha o parasito, sendo o primeiro caso da chamada *doença de Chagas*.

Após publicar o ciclo da doença (hospedeiro, vetor, agente patogênico), Carlos Chagas se tornou de renome na comunidade científica brasileira e internacional. Após a morte de Oswaldo Cruz em 1917, Carlos Chagas foi nomeado diretor do Instituto Oswaldo Cruz onde ficou até o seu falecimento em 8 de novembro de 1934 (Kropf 2009).

5. DISCUSSÃO

Hoje, o espaço escolar muitas vezes não é atrativo para o aluno, seja porque o sistema prioriza o *fracasso* ao sucesso do aluno ou porque o aluno encontra mais motivação nas atividades fora da escola. É corriqueira também uma desmotivação com a infraestrutura escolar. A desvalorização do professor agrava o quadro pois o força a trabalhar em vários locais para complementar a sua renda, diminuindo assim a qualidade do trabalho em todas as frentes. Assim, o tratamento com o aluno pode ser de certo modo mecânico, tradicional, sem inovação, fazendo com que o aluno perca o caráter motivador e de descoberta em um ambiente não atraente e, de certo modo, até repugnante.

Tarouco e colaboradoras (2004) debatem que os jogos são atividades que fazem parte de nosso cotidiano desde a infância continuando ao longo da idade adulta possuindo um caráter fundamental no desenvolvimento mental e intelectual do jogadores autoras sinalizam ainda que os jogadores ao longo do jogo podem sugerir, dentre outras coisas, mudanças nas regras, invenção de novos jogos, modificação de contextos. O jogo *Á luz da evolução*, vem de encontro com a ideia das autoras acima fomentando qualidades de caráter cognitivo e criativo nas atitudes dos alunos.

Russo e colaboradores no artigo *WhenChineseMasksMeetPhylogenetics* de 2016 usam máscaras sem qualquer vinculação com evolução, para que o aluno entenda o processo de codificação de caracteres e sua evolução. De modo semelhante, o jogo *Á luz da evolução* aproveita um jogo associando-o com a construção do pensamento evolutivo.

Spiegel e colaboradores (2008), em seu jogo *Descobrimos a Célula: Célula adentro*, revelam que abordar a biologia de uma forma interativa e divertida oferece aos alunos uma abordagem agradável e motivadora. Seguindo a linha das autoras, o jogo *Á luz da evolução*, em sua proposta, busca oferecer ao aluno estratégias motivadoras para que ele se interesse utilizando o modelo do processo evolutivo – e sua natureza unificadora – como dinâmica de construção do conhecimento, para que seja despertado neste aluno um caráter investigador e questionador, não só no ambiente escolar, mas em seu entorno social.

O jogo *À luz da evolução* constrói um paralelo importante do ambiente de aprendizagem eficaz, também discutido por Diana Oblinger em seu artigo *Simulations, games and Learning* (2006). Ali, a autora estabelece cinco áreas que podem ser enriquecidas nos alunos que utilizam jogos na aprendizagem: a socialização, a pesquisa, a solução de problemas, a transferência de aprendizagem e a experimental. O papel mediador do professor é sedimentado na plasticidade que o jogo pode ganhar de acordo com as variáveis da sala de aula (número de alunos, tempo, conteúdo, ano de escolaridade, etc.). Assim, o jogo de cartas desenvolvido com este trabalho oferece aos professores mais uma alternativa pedagógica para que seja construído um ambiente motivacional com seus alunos, pois, possui total liberdade para selecionar conteúdo do jogo, utilizando, por exemplo, apenas as cartas associadas a pensadores e a conceitos já vistos em sala de aula.

Em consonância com Mello e Russo (2011), que enfatizam a importância de se administrar atividades que despertem no aluno uma visão mais sistemática da importância do processo evolutivo para a organização da biodiversidade, o jogo *À luz da evolução*, propõe assegurar aos alunos subsídios didáticos para que a compreensão deste eixo magno para a biologia seja bem construída.

Frey e colaboradores (2010) também usam um jogo de cartas para explicar tópicos evolutivos utilizando o mesmo foco: alunos do ensino básico. Entretanto e utilizam cartas de baralho para explicar as forças evolutivas, atentando para facilidade de adequação desse tipo de jogo para vários segmentos da educação. De fato, o jogo *À luz da evolução* abre um leque enorme de possibilidades para o professor usá-lo, como:

- Selecionando as cartas mais adequadas para aquela turma – seja por fatores de ano/série escolar, ou até mesmo da realidade social dos alunos;
- Criando novas cartas-chaves de acordo com o currículo do ano dos alunos, ou até mesmo, de acordo com a realidade contextual da comunidade;
- Proporcionando interdisciplinaridade com outras disciplinas da grade curricular do aluno sejam áreas afins ou não, etc.

Segundo Alves e Silva (2018), a utilização de estratégias para levantar informações sobre as concepções prévias dos alunos é de vital importância para identificar pré-conceitos e/ou conceitos alternativos nos estudantes principalmente nos assuntos relevantes ao tema evolução. Nesse entendimento, o jogo Á luz da evolução vem de encontro com a proposta e Alves e Silva (2018), já que é um dos objetivos do jogo dirimir eventuais pré-conceitos estabelecidos entre os alunos.

O professor poderá usar o jogo, por exemplo, para avaliar o conhecimento dos alunos sobre o tema no início da segunda série, pois a evolução é tratada na primeira série do Ensino Médio. Alternativamente, pode-se também usar um questionário investigativo antes da inserção das aulas sobre o tema para avaliar os conceitos prévios dos alunos sobre a temática evolução biológica antes da aplicação do jogo. O questionário pode ser proposto através de questões de múltipla escolha que versarão sobre conceitos evolutivos fundamentais como: seleção natural, mutações, deriva gênica, teorias evolutivas, criacionismo, dentre outros. Caso entenda que a turma necessita de maior profundidade no conteúdo, o professor pode produzir um material de apoio os alunos ou indicar sites e outras fontes de pesquisa antes da aplicação do jogo.

Após o jogo o professor poderá motivar uma discussão, entre os alunos, sobre as situações vividas estabelecendo um diálogo entre os conceitos aprendidos, os personagens selecionados e o processo de evolução biológica e da construção do conhecimento biológico. Alguns temas que conferem sugestões para uma discussão no pós-jogo:

- **Do caráter unificador da biologia evolutiva** – este tema pode ser abordado mediante a proposta de correlacionar os conceitos trabalhados durante o jogo, bem como das informações sobre os pesquisadores na construção do conhecimento científico ao longo do tempo. Pode ser também utilizado para abordar assuntos do cotidiano dos alunos como, por exemplo: discutir seleção natural no aparecimento das superbactérias;
- **Da importância dos pesquisadores na construção do conhecimento científico** – ao longo de jogo, as cartas de personalidade são importantes para que os alunos conheçam um pouco da pessoa daqueles que proporcionaram a descoberta e divulgação daquele conceito científico. As

cartas conceitos tem ligação com as cartas personalidade, para que se possa estabelecer uma conexão dos conceitos jogo com o trabalho e a dedicação de pesquisas para chegar naquelas conclusões.

- **Da imperfeição dos pesquisadores** – muitas vezes se fala dos que constroem a ciência como semi-deuses, distantes de nosso mundo de pessoas reais. Os alunos devem perceber que os pesquisadores, longe de semi-deuses, são pessoas que falham, são reprovados, erram e isso não os impede de deixar suas marcas para o futuro.
- **Da discussão entre ciência e pseudociência** – uma das delimitações mais importantes do mundo de hoje de forma a trabalhar o alfabetismo científico é a separação do que é ciência do que é pseudociência. Nos dias atuais, com o advento da informação em alta velocidade, ao alcance dos dedos, muitas pessoas encham a internet com informações de cunho duvidoso. Saber discernir o que é uma informação verdadeira de uma informação falsa estabelece uma quebra de corrente de informação. Assim fomentar discussões sobre *terraplana*, *criacionismo* e *movimento anti-vacina* e a delimitação são estratégias que ajudam o aluno a estabelecer o princípio de verificar em outras fontes a veracidade da informação, antes de repassá-la, diminuindo a proliferação das ditas *fakenews*.

Estas discussões podem ocorrer na forma que o professor moderador desejar, seja após imediatamente ao jogo, seja em um planejamento de várias aulas que se sucederiam debatendo estes assuntos, seja na forma de seminários que os alunos apresentariam para discutir com a turma determinado tema que foi fomentado no momento do jogo. O professor moderador tem no jogo uma estratégia que incitaria nos alunos um processo de investigação sobre os temas ligados ao processo evolutivo e também fomentaria ramificações na vida cotidiana do aluno, fazendo dele participativo e conhecedor de seu cotidiano.

Em sua revisão sobre atividades lúdicas na educação em saúde, Concrato e colaboradores (2010) relatam em suas considerações finais que jogos de tabuleiros e cartas proporcionam uma melhor compreensão dos conteúdos teóricos relacionando-os com a prática através de comportamentos coletivos e individuais.

Russo e André, no artigo *Science and Evolution* (2019) do periódico *Genetics and molecular biology*, discutem sobre a ausência do debate que discuta os limites e as fronteiras da ciência em periódicos científicos. Nesta ótica espera-se que o jogo *Á luz da evolução* desenvolva a crescimento do aluno em sua visão crítica, em relação aos livros didáticos, mas principalmente com as ditas *fakenews* e as pseudociências que se espalham pelas redes sociais.

Em suma, espera-se que o jogo *Á luz da evolução* forneça ao aluno e ao professor, um processo contínuo e prazeroso de aprendizagem significativa, incitando e aprimorando a capacidade investigativa desses atores do processo de ensino-aprendizagem. É esperada também uma melhora na percepção sobre a importância do conhecimento sobre ciência e sobre evolução, especificamente, como teoria unificadora do conhecimento biológico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABT, Clark C. **Serious games**. UniversitypressofAmerica, 1987.

ACOT, Pascal. **A dupla revolução da dupla hélice**. Ciência & Ambiente, v. 26, p. 7-26, 2003.

ALCOCK, John. **Comportamento animal: uma abordagem evolutiva**. Artmed editora, 2016.

ALEIXO, Alexandre Luis Padovan. **Conceitos de espécie e suas implicações para a conservação**. 2009.

Almeida, A. M. R. D., & El-Hani, C. N. (2010). **Um exame histórico-filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento**. *Scientiae Studia*, 8(1), 9-10.

ALVES, Paulo R.; SILVA, Edson P. - **Evolução em campo: Uma prática de ensino de evolução**. Genética na escola, v. 13,nº 01 p. 14-23, 2018.

ALVES, Rita; MENEZES, Maria C. V. A.; ARAÚJO, Magnólia - **Ensinar Genética e Evolução por meio de jogos didáticos: superando concepções alternativas de professores de ciências em formação** Genética na escola, v. 13,nº 01 p. 24-37, 2018.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia das populações**. 2004.

AMORIM, D.S. **Fundamentos de sistemática filogenética**. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2002. 136p.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Cap. 2, p. 19-33.

BATISTETI, Caroline Belotto; DE ARAÚJO, Elaine Sandra Nabuco; CALUZI, João José. **O trabalho de Mendel: um caso de prematuridade científica?**. *Filosofia e História da Biologia*, 2010, 5.1: 35-53.

BAZI, Rogério Eduardo Rodrigues; DA SILVEIRA, Murilo Artur Araújo. **Constituição e institucionalização da ciência: apontamentos para uma discussão**. *Transinformação*, 2007, 19.2: 129-137.

BECK, John C.; WADE, Mitchell. **The kids are alright: How the gamergeneration is changing the workplace**. Harvard Business Press, 2006.

BIZZO, Nelio. **Darwin e o fim da adaptação perfeita dos seres vivos: a superação da visão teológica de Paley e o princípio da divergência**. *Filosofia e História da Biologia*, v. 2, n. 1, p. 351-367, 2007.

BIZZO, Nelio; EL-HANI, Charbel N. **Darwin and Mendel: evolution and genetics**. *Journal of Biological Education*, v. 43, n. 3, p. 108-114, 2009.

BRANDÃO, Gilberto Oliveira; FERREIRA, Louise Brandes Moura. **O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade**. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, n. 1, p. 43-63, 2009.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais; MÉDIO, Ensino. **orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, p. 32, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília. MEC, 2018. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf> Acesso em março de 2019.

- BROMHAM, Lindell; PENNY, David. **The modern molecular clock**. *Nature Reviews Genetics*, v. 4, n. 3, p. 216, 2003.
- BROWNE, Janet. **A origem das espécies de Darwin: uma biografia**. *Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor*, 2007, 66-125.
- BUCKERIDGE, Marcos. **Deus fez, Lineu organizou**. *Revista Pesquisa Fapesp*, São Paulo, p. 1-1, 2008.
- BUNGE, Mario; TRISTAN, M. **La investigación científica, su estrategia y su filosofía**. Barcelona. *Ariel*, 1969.
- BUSO, G. S. C. **Marcadores moleculares e análise filogenética**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 2005.
- CAILLOIS, Roger. **Os jogos e os homens: a máscara e a vertigem**. Editora Vozes Limitada, 2017.
- CALLICOTT, J. Baird; CROWDER, Larry B.; MUMFORD, Karen. **Current normative concepts in conservation**. *Conservation biology*, v. 13, n. 1, p. 22-35, 1999.
- CALOW, Peter (ed.). **Evolutionary physiological ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- CAMPOS, Luciana Maria Lunardi; BORTOLOTO, Tânia Mara; FELÍCIO, Ana Karina C. **A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem**. *Caderno dos núcleos de Ensino*, v. 3548, 2003.
- CANGUILHEM, Georges. **Estudos de História e de Filosofia das Ciências: concernentes aos vivos e à vida**, trad. *Abner Chiquieri*. *Rio de Janeiro. Forense*, 2012.
- CHEVALLARD, Yves. **La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado**, v. 3, 1991.

- COLLEY, Eduardo; FISCHER, Marta Luciane. **Especiação e seus mecanismos: histórico conceitual e avanços recentes.** História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 20, n. 4, p. 1671-1694, 2013.
- COSCRATO, Gisele; PINA, Juliana Coelho; DE MELLO, Débora Falleiros. **Utilização de atividades lúdicas na educação em saúde: uma revisão integrativa da literatura.** *Acta Paulista de Enfermagem*, 2010, 23.2: 257-263.
- COSVOSK, J. A. **Análise dos temas evolução e filogenia nos livros didáticos do 7º ano do ensino fundamental.** Revista da SBEnBio, n. 9, p. 7530-7541, 2016.
- DA ROCHA OUVENEY, Roberta. **Estudos sobre a origem da vida a partir do método científico.**
- DAMINELI, A.; DAMINELI, D. S. C. **Origens da vida. Estudos Avançados,** São Paulo, v. 21, n. 59, p. 263-284, 2007.
- DARWIN, Charles et al. **O diário de Beagle.** UFRP, 2008.
- DARWIN, Charles. **On the origin of the species by natural selection.** 1859.
- DARWIN, Charles. **Viagem de um naturalista ao redor do mundo (Volume Único).** L&PM, 2008.
- DE ARAÚJO PORTO, Paulo Roberto; FALCÃO, Eliane Brígida Moraes. **Teorias da origem e evolução da vida: dilemas e desafios no ensino médio.** *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2010, 12.3: 13-30.
- DE MELLO FORATO, Thaís Cyrino; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto Andrade. **Historiografia e natureza da ciência na sala de aula.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 2011, 28.1: 27-59.
- DE MELO OLIVEIRA, Marcus Vinícius et al. - **Jogo galápagos: a extinção e a irradiação de espécies na construção da diversidade biológica.** Genética na escola, v. 3, nº 01 p. 49-57, 2008.

- DE MOURA-JÚNIOR, Dionizio Angelo; SCHEFFLER, Sandro Marcelo; FERNANDES, Antonio Carlos Sequeira. **A Paleoentomofauna Brasileira: Cenário Atual.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 1, p. 142-166, 2019.
- DESMOND, Adrian J.; MOORE, James Richard; MOORE, James. ***Darwin.*** WW Norton & Company, 1994.
- DI MARE, Rocco. **A concepção da teoria evolutiva desde os gregos.** EDIPUCRS, 2002.
- DIETRICH, Michael R. **The originsofthe neutral theoryof molecular evolution.** JournaloftheHistoryofBiology, v. 27, n. 1, p. 21-59, 1994.
- DO CARMO, Viviane Arruda; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. **Charles Darwin, Alfred Russel Wallace e a seleção natural: um estudo comparativo.** Filosofia e História da Biologia, v. 1, n. 1, p. 335-350, 2006.
- DOBZHANSKY, Theodosius. **Except in the Light ofEvolution.** The American BiologyTeacher, 1973.
- DOBZHANSKY, Theodosius. ***Genetics and the Origin of Species.*** Columbia university press, 1982.
- DOS ANJOS ZERFASS, Geise de Santana; DE JESUS ANDRAE, Edilma. **Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática.** TerraeDidatica, v. 3, n. 1, p. 18-35, 2008.
- DOS SANTOS BRUNO, Ana Paula; HESSEL, Maria Helena. **Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe.** Estudos Geológicos, v. 16, n. 1, p. 30, 2006.
- EL-HANI, CharbelNiño; MEYER, Diogo. **A evolução da teoria darwiniana.** ComCiência, n. 107, p. 0-0, 2009.
- FALKEMBACH, Gilse A. Morgental. **O lúdico e os jogos educacionais.** CINTED-Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, UFRGS. Disponível em, 2006.

- FARIA, F. Felipe A. **Georges Cuvier: história natural em tempos pré-darwinianos.** História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 17, n. 4, p. 1031-1034, 2010.
- FARIA, Frederico Felipe de Almeida, et al. **Georges Cuvier e a instauração da paleontologia como ciência.** 2012.
- FERNÁNDEZ-NIÑO, Julián Alfredo; BAQUERO, Hernando. **The anti-vaccine movement and the anti-science as threat for public health.** *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 2019, 51.2: 103-106.
- FRANCO, José Luiz de Andrade. **O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade.** História (São Paulo), v. 32, n. 2, p. 21-48, 2013.
- FREIRE-MAIA, Newton. **Gregor Mendel: vida e obra.** São Paulo: TA Queiroz, 1995.
- GALVÊAS, Ernane. **Os Economistas: Malthus.** Editora Nova Cultura Ltda. São Paulo – SP, 1996.
- GASPARRI, Gizele Daumichen et al. **Origem da vida: a teoria de Al Oparin no ensino de Biologia.** 2016.
- GOULD, Stephen Jay. **Ontogenia y Filogenia: La ley fundamental biogenética.** Grupo Planeta (GBS), 2010.
- GRIFFITHS, Anthony JF et al. **Introdução à genética.** In: Introdução à genética. 2006.
- GRIFFITHS, Paul E. **Function, homology, and character individuation.** *Philosophy of Science*, v. 73, n. 1, p. 1-25, 2006.
- HENNIG, Willi, et al. **Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik.** 1950.

HUIZINGA, Johan. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. Editora da Universidade de S. Paulo, Editora Perspectiva, 1971.

JANEIRO, Artur Rodrigues; PECHULA, Marcia Reami. **Anatomia: uma ciência morta? O conceito “arte-anatomia” através da história da biologia**. Revista Experiências em Ensino de Ciências. Porto Alegre: Brasil, v. 11, n. 1, p. 12-30, 2016.

JANEIRO, Rio de **Currículo Mínimo. Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro**. Disponível em < http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br/curriculo_identificacao.asp>. Acesso em 27/03/2018, v. 20, 2013.

JUNIOR ALBINO, Coswosk et al. **O jogo da seleção natural e plantas**. Genética na escola, v. 11, nº 01 p. 63-73, 2016.

KIMURA, Motoo. ***The neutral theory of molecular evolution* [1968]**. Cambridge University Press, 1983.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **O jogo e a Educação Infantil**. IN: Jogo, Brinquedo, Brincadeira e Educação. KISHIMOTO, TM (org). 1996.

KLEPKA, Verônica; CORAZZA, Maria Julia. **O essencialismo na classificação de Lineu e a repercussão dessa controvérsia na Biologia**. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, v. 18, p. 73-110, 2018.

KROPF, Simone Petraglia; LACERDA, Aline Lopes de. **Carlos Chagas: um cientista do Brasil**. In: Carlos Chagas: um cientista do Brasil. 2009.

LAMARCK, Jean-Baptiste. **Philosophie zoologique [1809]**. Paris: Flammarion, 1994.

LAMARCK, Jean-Baptiste. ***Recherches sur l'organisation des corps vivants [1802]; précédé du Discours d'ouverture du cours de Zoologie donné dans le Museum d'Histoire Naturelle***. Fayard, 1986.

- LEITE, Raquel Crosara Maia; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. **A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana.** Revista brasileira de pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, n. 2, 2001.
- LEWONTIN, Richard C.; HUBBY, Jack L. **A molecular approach to the study of genic heterozygosity in natural populations. II. Amount of variation and degree of heterozygosity in natural populations of *Drosophila pseudoobscura*.** *Genetics*, 1966, 54.2: 595.
- LINNAEUS, C. von, et al. **Systema naturae**, vol. 1. *Systema naturae*, Vol. 1, 1758.
- LOPES, Sônia Godoy Bueno Carvalho. **Bio**: volume único. 2004.
- LOPES, Welinton Ribamar; VASCONCELOS, Simão Dias. **REPRESENTAÇÃO E DISTORÇÕES CONCEITUAIS DO CONTEÚDO "FILOGENIA" EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 14, n. 3, p. 149-165, 2012.
- LYELL, Charles. **Principles of geology.** University of Chicago Press, 1990.
- MACROBERTS, Michael H. **Was Mendel's paper on *Pisum* neglected or unknown?** *Annals of Science*, 1985, 42.3: 339-345.
- MADIGAN, Michael T. et al. **Microbiologia de Brock-14ª Edição.** Artmed Editora, 2016.
- MALTHUS, Thomas Robert. **An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society.** 1809.
- MARGULIS, Lynn. **Symbiosis in cell evolution: Life and its environment on the early earth.** 1981.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira et al. **A metodologia de Lamarck.** Trans/Form/Ação, 1996.

- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira, et al. **A teoria cromossômica da herança= proposta, fundamentação, crítica e aceitação.** 1997.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. **A herança de caracteres adquiridos nas teorias “evolutivas” do século XIX, duas possibilidades: Lamarck e Darwin.** *Filosofia e História da Biologia*, 2015, 10.1: 67-84.
- MAYR, Ernst. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança.** Ed. UnB, 1998.
- MAYR, Ernst; LINSLEY, E. Gorton; USINGER, Robert L. **Methods and principles of systematic zoology.** 1953.
- MELLO, Beatriz; RUSSO, Claudia AM. **Informação biológica, sistemática, filogenias e previsibilidade.** *Genética na Escola*, 2011, 6.1: 42-44.
- MENDEL, Gr. **Versuche über Pflanzen-Hybriden.** cit. *J. Heredity*, 1865, 42: 1951.
- MEREDITH, Robert W., et al. **A phylogeny and timescale for the evolution of Pseudocheiridae (Marsupialia: Diprotodontia) in Australia and New Guinea.** *Journal of Mammalian Evolution*, 2010, 17.2: 75-99.
- MONOD, Jacques; SAMPAIO, Alice. **O acaso e a necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna.** 1976.
- MOTTOLA, Nicolau. **O evolucionismo no ensino de Biologia: investigação das teorias de Lamarck e Darwin expostas nos livros didáticos de Biologia do Plano Nacional do Livro Didático do ensino médio-PNLEM.** 2011.
- NEI, Masatoshi. **Mutation-driven evolution.** OUP Oxford, 2013.
- NETO, Silva et al. **Ensinando cinemática através da análise de movimentos em vídeos de captura de games.** 2017.

- NETO, Voltaire Dutra Paes; SANTOS, Marcel Baêta Lacerda; MELO, Tomaz Panceri. **PALEONTOLOGIA E EVOLUÇÃO NO TEMPO PROFUNDO**. *Evolução Biológica*, p. 35.
- NIÑO, Julián Alfredo Fernández; BAQUERO, Hernando. **El movimiento anti-vacunas y la anti-ciencia como amenaza para la Salud Pública**. *Revista Salud UIS*, v. 51, n. 2, p. 103-106, 2019.
- NOGAROL, Felipe. *Reverendo o debate sobre a Idade da Terra*. 2011. PhD Thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- NOMURA, H. **Carl von Linné (1707-1778), o patrono da nomenclatura binária dos seres vivos**. *Atualidades Ornitológicas On-Line* No 159 – Janeiro/Fevereiro 2011.
- NUÑO ANGÓS, Teresa. **Las científicas y sus biografías: una experiencia de innovación en la formación inicial. Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 1-5, 2005.
- OBLINGER, Diana. **Simulations, games, and learning**. *ELI White Paper*, 2006.
- Oleques, L. C., Boer, N., Temp, D. S., & Santos, M. L. B. (2011). **Evolução biológica como eixo integrador no ensino de biologia: concepções e práticas de professores do ensino médio**. *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12.
- OLIVEIRA, Karina Vogel Vidal de. **Filogeografia de *Cyanocharax itaimbe* Malabarba & Weitzman (Teleostei: Characidae)**. 2010.
- PAPAVERO, Nelson; DOS SANTOS, Christian Fausto Moraes. **Evolucionismo darwinista? Contribuições de Alfred Russel Wallace à teoria da evolução**. *Revista Brasileira de História*, 2014, 34.67: 159-180.
- PEDROSO, Carla Vargas. **Jogos didáticos no ensino de biologia: uma proposta metodológica baseada em módulo didático**. In: Congresso Nacional de Educação. 2009. p. 3182-3190.

- PELOGGIA, Alex Ubiratan Goossens. **A ação geológica do homem nos clássicos da geologia, com especial atenção aos Principles of Geology de Lyell.** In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2005. p. 2005.
- PETRI, Setembrino. **Extinções orgânicas.** Revista USP, n. 71, p. 38-43, 2006.
- POPPER, Karl R. **A lógica da pesquisa científica.** Editora Cultrix, 2004.
- POSNER, Ernst; SKUTIL, J. **The great neglect: the fate of Mendel's classic paper between 1865 and 1900.** *Medical history*, 1968, 12.2: 122-136.
- PRESTES, Maria Elise Brzezinski; OLIVEIRA, Patrícia; JENSEN, Gerda Maísa. **As origens da classificação de plantas de Carl von Linné no ensino de biologia.** Filosofia e história da Biologia, v. 4, n. 1, p. 101-137, 2009.
- RIDLEY, Mark. **Evolução.** Artmed Editora, 2009.
- RINTOUL, David et al. **Principles of Biology.** 2014.
- RODRIGUES Bazi, Rogério Eduardo, Araújo da Silveira, Murilo Artur, **Constituição e institucionalização da ciência: apontamentos para uma discussão.** Transinformação [online] 2007, 19 (Agosto-Sinmes) : [Fecha de consulta: 24 de julio de 2019]
Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=384334784004>> ISSN 0103-3786
- RONAN, Colin A. **História ilustrada da ciência.** Universidade de Cambridge, v. 4, 1987.
- ROSSO, Karen Luz Burgoa. **Modelos Computacionais para estudar processos de Especiação simpátrica.** 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense.
- RUPPERT, Edward E.; FOX, Richard S.; BARNES, Robert D. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva.** In: Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 2005.

- Russo, C. A. M. ; VOLOCH, C. M. . **Nosso lugar na diversidade biológica.** Ciência Hoje, v. 44, p. 44-49, 2009.
- RUSSO, C. A.; TAKEZAKI, Naoko; NEI, Masatoshi. **Molecular phylogeny and divergence times of drosophilids species.** *Molecular biology and evolution*, v. 12, n. 3, p. 391-404, 1995.
- RUSSO, Claudia A.M. et al. **When Chinese Masks Meet Phylogenetics.** The American Biology Teacher, v. 78, n. 3, p. 241-247, 2016.
- RUSSO, Claudia AM; ANDRÉ, Thiago. **Science and evolution.** *Genetics and molecular biology*, 2019, AHEAD.
- RUSSO, Claudia Augusta de Moraes. **Diversidade dos Seres Vivos.** 4ª. ed. atual. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2018. 262 p. v. Único. ISBN 978-85-458-0116-0.
- Santos, C. M. D. D. (2008). **Os dinossauros de Hennig: sobre a importância do monofiletismo para a sistemática biológica.** *Scientiae Studia*, 6(2), 179-200.
- SANTOS, Charles Morphy Dias; CALOR, Adolfo Ricardo. **Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética-I.** *Ciência & Ensino* (ISSN 1980-8631), v. 1, n. 2, 2008.
- SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. **A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA.** *Ciência & Educação* (Bauru), v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.
- SCHIEL, Dietrich; ORLANDI, Angelina Sofia. **Ensino de ciências por investigação.** São Carlos: Universidade de São Paulo, Centro de Divulgação e Cultura - CDCC. NLM, 2009.
- SCHMITT, Michael. **Willi Hennig and the rise of cladistics.** *The New Panorama of Animal Evolution*, 2003, 369-379.

SILVA, J. C.; SASSON, S.; CALDINI, J., N. **Biologia, 3: ensino médio**. 11. ed. São Paulo: Ed. Saraiva, 2016. p. 384 (livro do professor)

SOARES ET AL. em seu artigo: **Paleobiologia e Evolução: o potencial do registro fóssil brasileiro, para a Revista Espinhaço**, edição 2 do ano de 2013.

SOLINO, Ana Paula; FERRAZ, Arthur Tadeu; SASSERON, Lúcia Helena. **Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares**. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, p. 1-6, 2015.

SOUZA, Rosa Andrea Lopes de. **A viagem de Alfred Russel Wallace ao Brasil: uma aplicação de história da ciência no ensino de biologia**. 2014. PhD Thesis. Universidade de São Paulo.

SPIEGEL, Carolina N., et al. **Discoveringthecell: aneducational game aboutcelland molecular biology**. *JournalofBiologicalEducation*, 2008, 43.1: 27-36.

TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach, et al. **Jogos educacionais**. *RENTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS, 2004.

TIDON, Rosana; VIEIRA, Eli. **O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI**. *ComCiência*, 2009, 107: 0-0.

TOMASSI, H. Z. ; ALMEIDA, C. M. de . **O que é um fóssil? Diferentes conceitos na paleontologia**. In: XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia, 2011. Boletim de resumos expandidos. Natal/RN.

TORT, A. C.; NOGAROL, F. **Lord Kelvin e a Idade da Terra**.

VELOSO, AJ Barros. **Das ervilheiras de Mendel à dupla hélice de Watson e Crick**. *Medicina Interna*, v. 10, n. 3, p. 116, 2003.

VENEZUELA, Osvaldo Dias. **Demarcando Ciências e Pseudociências para alunos do Ensino Médio**. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação de

Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação–Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.

VIANA, Gerardo Valdisio Rodrigues; CEARÁ, Fortaleza. **Técnicas para construção de árvores filogenéticas**. Fortaleza: UFCE, 2007.

WALLACE, Alfred Russel. **Viagens pelo Amazonas e Rio Negro**. 1939.

WATSON, James D.; BERRY, Andrew. **DNA: o segredo da vida**. Editora Companhia das Letras, 2005.

WENDLING, IVAR WENDLING; DUTRA, Leonardo Ferreira. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.]

WILSON, Edward O. et al. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, v. 2, 1997.

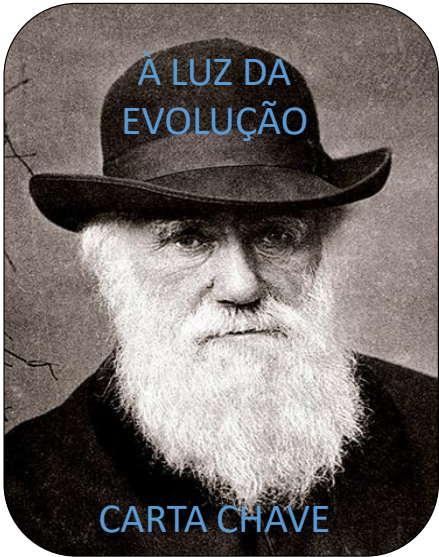
YATES, Tony B.; MAREK, Edmund A. **Teachersteachingmisconceptions: a studyoffactorscontributingto high schoolbiologystudents' acquisitionofbiologicalevolution-relatedmisconceptions**. Evolution: EducationandOutreach, v. 7, n. 1, p. 7, 2014.

ZAIA, Dimas Augusto Morozin. **A Origem da Vida e a Química Prebiótica The Originof Life andthePrebioticChemistry**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 25, n. 1, p. 3-8, 2004.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

ZUANON, A. C. A.; DINIZ, Raphael Hermano Santos; NASCIMENTO, Luziane Helena. **Construção de jogos didáticos para o ensino de Biologia: um recurso para integração dos alunos à prática docente**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 3, n. 3, p. 49-59, 2010.

Anexo 1: CARTAS DO JOGO



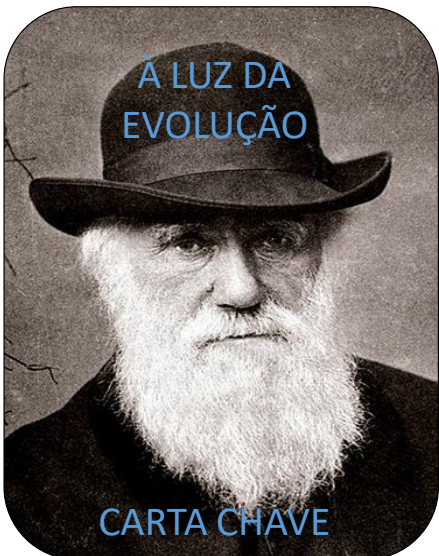
À LUZ DA EVOLUÇÃO

CARTA CHAVE

PERSONALIDADE
JEAN BAPTISTE LAMARCK

1. Fui um dos primeiros transformistas.
2. Cunhei o nome “invertebrados”.
3. Fui reconhecido, por minhas teorias evolutivas, somente depois de minha morte.
4. Eu acho que as espécies querem evoluir para conseguirem se adaptar ao ambiente.
5. Publiquei o livro Filosofia Zoológica, sobre uma teoria da evolução.
6. Eu sei que o ambiente altera as características e essas alteração são herdáveis.
7. Se um órgão é usado demais, ele hipertrofia e essas alterações são herdáveis.
8. Minhas ideias evolutivas são associadas a modelos de evolução das girafas.
9. Sou mais conhecido pelos meus erros do que pelos meus acertos.
10. Sou um naturalista Francês e tenho o título de Cavaleiro.

Carta Personalidade 1: Jean Baptiste Lamarck



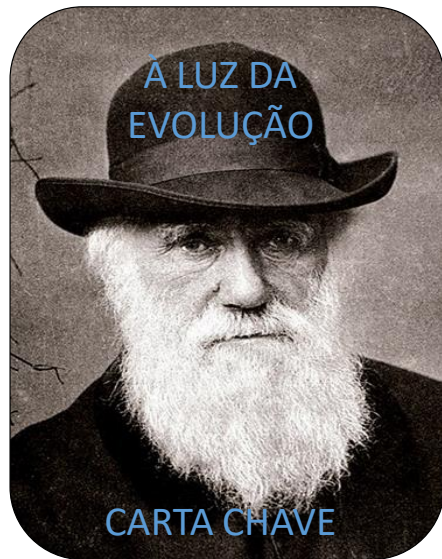
À LUZ DA EVOLUÇÃO

CARTA CHAVE

PERSONALIDADE
ALFRED RUSSEL WALLACE

1. Perdi toda a minha pesquisa em um infeliz naufrágio no Oceano Atlântico.
2. Passei muito tempo na Malásia e na América do Sul, estudando a diversidade.
3. Sou o pai da biogeografia, ou como os organismos se distribuem no espaço.
4. Me inspirei nas viagens maravilhosas de Alexander von Humboldt e Charles Darwin.
5. Apresentei minhas ideias sobre evolução na Sociedade Linneana.
6. Sou pesquisador inglês.
7. Eu e Darwin ficamos muito amigos.
8. Como Darwin, eu não sabia a origem das variações.
9. Fui proponente da seleção natural junto com Charles Darwin.
10. Pesquisei na Amazônia sobre a distribuição das espécies vegetais e animais.

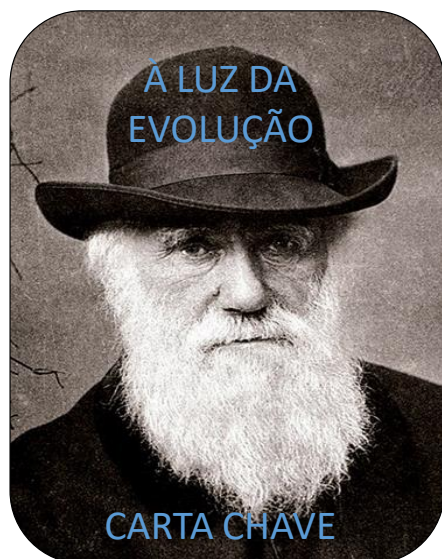
Carta Personalidade 1: Alfred Russel Wallace



PERSONALIDADE
CHARLES DARWIN

1. Quando jovem, meu pai queria que eu fosse médico como ele, mas eu gosto de biologia.
2. Tive um papel, junto com Copérnico, na descida dos humanos do grande pedestal em que viviam.
3. Usei os trabalhos de Thomas Malthus e Charles Lyell para a minha teoria.
4. Fui o início de uma revolução sem precedentes sobre como nos vemos no mundo.
5. Levei 20 anos para publicar minha pesquisa.
6. Fui proponente do mais evidente processo evolutivo.
7. Viajei durante 5 anos pelo mundo todo coletando dados para a minha pesquisa.
8. Em Galápagos, eu estudei os tentilhões e os iguanas marinhos.
9. Meu livro, escrito há mais de duzentos anos, é a base da biologia moderna.
10. Sou um pesquisador inglês.

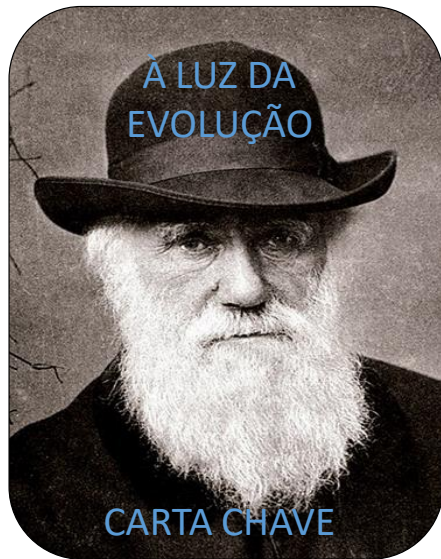
Carta Personalidade 2: Charles Darwin



PERSONALIDADE
GREGOR MENDEL

1. Apesar de brilhante, nunca consegui ser professor, pois não passava na prova de aula.
2. Também estudei abelhas, mas pouca gente sabe disso.
3. Levou muito tempo para a comunidade aceitar minhas conclusões.
4. Estabeleci as leis da herança.
5. Nasci na Áustria.
6. Selecionava plantas para o cruzamento, e anotava os resultados.
7. Iniciei meus estudos em Física mas acabei me tornando monge agostiniano.
8. Fui perspicaz em perceber a diferença entre características dominantes e recessivas.
9. Sou o pai da Genética.
10. Ervilhas verdes e amarelas, altas e baixas, flor rosa e flor branca, contei todas elas.

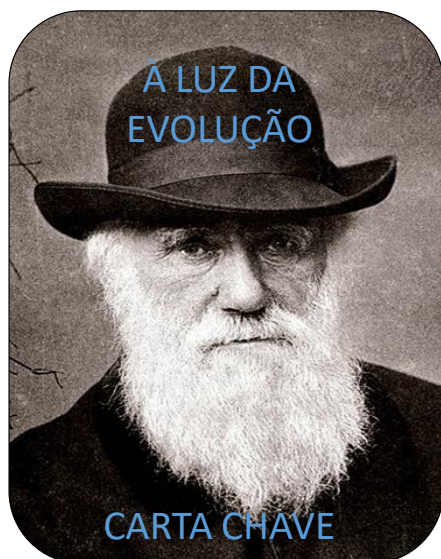
Carta Personalidade 3: Gregor Mendel



PERSONALIDADE
CARLOS LINEU

1. Sou poeta, mas sou mais conhecido por ter estudado história natural.
2. Participei no desenvolvimento da escala Celsius, invertendo a proposta de Celsius.
3. O meu maior trunfo foi separar a descrição de uma espécie do nome dela.
4. Propus vários ranks taxonômicos usados até hoje, mas não o rank "Filo".
5. Descrevi mais de 11 mil espécies de animais, vegetais e a nossa.
6. Eu organizei a classificação biológica!
7. Sou responsável pelo uso do binômio para identificar uma espécie.
8. De tanto que meu nome aparece nas descrições, já me abreviam para "L."
9. Sou o pai da taxonomia.
10. Trocaram meu nome para Carolus Linnaeus. Adorei!

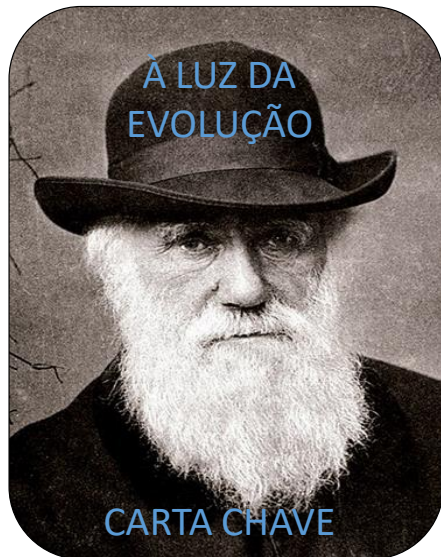
Carta Personalidade 4: Carlos Lineu



PERSONALIDADE
WILLI HENNIG

1. Fui convocado para a 2ª Guerra mundial, mas fui ferido (ainda bem!).
2. Meu orientador, Van Emden, foi expulso da universidade por ser judeu.
3. Darwin já havia dito o básico, eu apenas criei a forma de fazer isso.
4. Eu e, outro biólogo alemão, Ernst Mayr não nos demos muito bem.
5. Ordenei os seres vivos usando a única forma natural.
6. Eu não inventei a parcimônia, mas sou fã.
7. Me chamam de o Pai da Cladística.
8. A área de Sistemática Filogenética me deve muito.
9. A base de minha proposta são as árvores.
10. Sou entomólogo alemão.

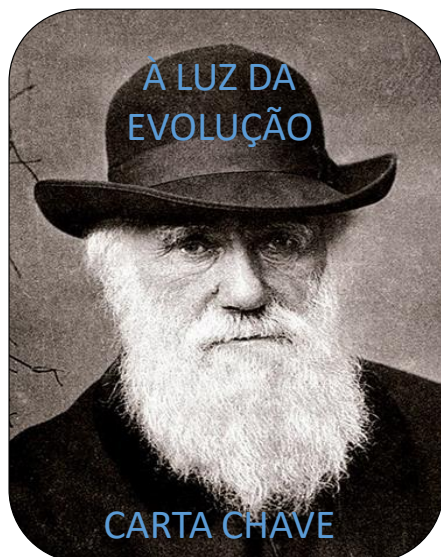
Carta Personalidade 5: WilliHennig



PERSONALIDADE
THOMAS MALTHUS

1. Meus colegas na escola faziam *bullying* porque tenho dedos unidos no pé.
2. Me formei com honras em Inglês, Grego e Latim.
3. Sou muito influente na geografia.
4. A base dos meus cálculos foram as progressões matemáticas.
5. Meu livro mais famoso é Princípio de População.
6. Digo: melhorias são temporárias pois a população cresce e tudo piora de novo...
7. Darwin pegou o fundamento de minha ideias e usou no mundo natural.
8. Sou um economista político inglês.
9. Percebi que a produção de comida cresce menos do que o aumento da população.
10. Fundei a escola Malthusiana.

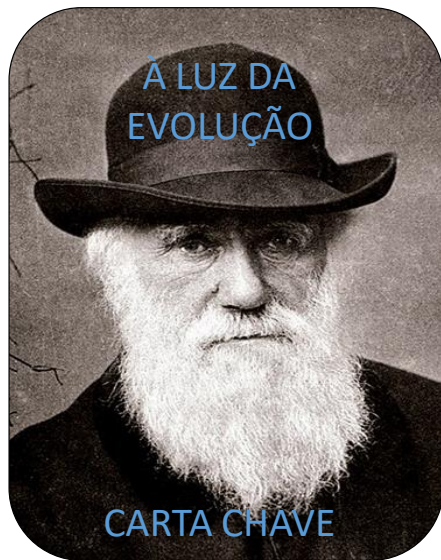
Carta Personalidade 7: Thomas Malthus.



PERSONALIDADE
LYNN MARGULIS

1. Me formei em Belas Artes com 19 anos mas mestrado e doutorado em zoologia.
2. Ajudei na reformulação da teoria de Gaia.
3. Minha tese de doutorado foi com Euglena.
4. Passei a maior parte da minha vida profissional no microscópio.
5. Meu primeiro artigo foi rejeitado 15 vezes por revistas científicas antes do aceite.
6. Me casei com uma personalidade importante na divulgação científica.
7. Dizem que sou sinônimo de simbiose como Darwin é de evolução.
8. Formulei a teoria endossimbiótica serial.
9. Eu digo: Mitocôndrias e cloroplastos eram bactérias simbióticas.
10. Sou uma mulher americana.

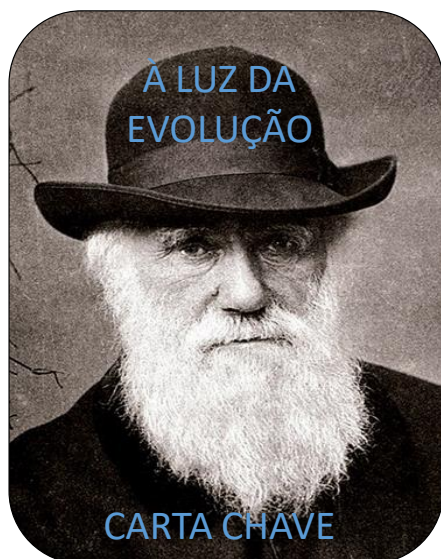
Carta Personalidade 8: Lynn Margulis



PERSONALIDADE
ALEXANDER OPARIN

1. O trabalho de Darwin muito me inspirou.
2. Fui fundador da bioquímica industrial em meu país.
3. Sou um bioquímico russo.
4. Por escrever em russo, o mundo demorou para saber das minhas ideias.
5. Haldane propôs uma teoria bem parecida com a minha.
6. Eu digo: não existe diferença química entre a vida e a matéria inanimada.
7. O experimento de Miller-Urey testou o que eu não consegui testar.
8. Descobertas em atmosferas de outros planetas me inspiraram em dizer que a atmosfera da Terra primitiva era redutora.
9. Eu boleei uma teoria de origem da vida.
10. Fui responsável por experimentos com coacervados.

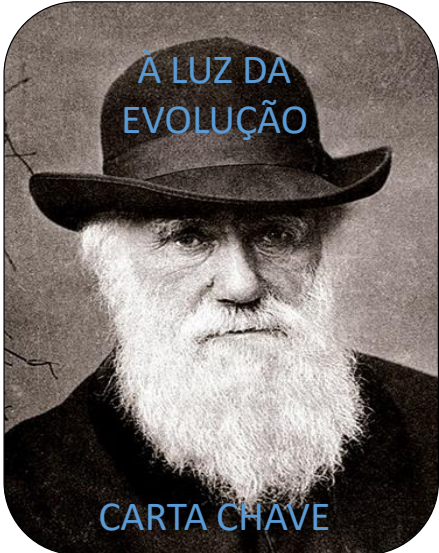
Carta Personalidade 9: Alexandre Oparin



PERSONALIDADE
CARLOS CHAGAS

1. Fui expulso do colégio quando pequeno.
2. Parece que Darwin tinha a doença que me fez famoso.
3. Sou brasileiro de Minas Gerais.
4. Recebi diploma *Honoris causa* das Universidades de Harvard e de Paris.
5. Pasteur foi uma grande inspiração.
6. No surto de gripe espanhola em 1918, recebi a missão presidencial de salvar a situação.
7. Me formei na UFRJ e trabalhei na Fiocruz.
8. Eu descrevi o agente patogênico, o vetor, os hospedeiros, e a doença. Só eu fiz isso.
9. Não sou barbeiro, mas trabalhei com eles.
10. Eu e Oswaldo Cruz formamos uma dupla excepcional no combate a doenças tropicais.

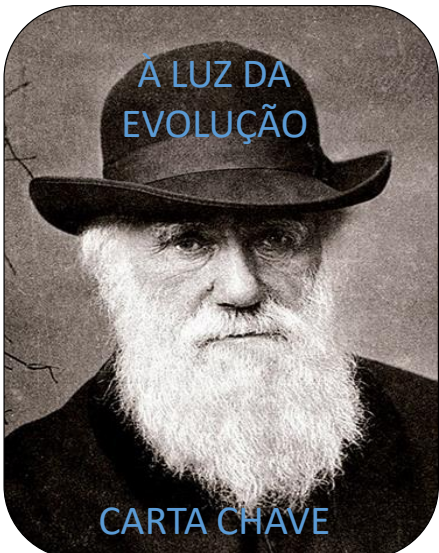
Carta Personalidade 10: Carlos Chagas



CONCEITO
EVOLUÇÃO

1. Sem variação eu não existo.
2. Apareci com o primeiro ser vivo.
3. Não tenho um objetivo nem propósito.
4. Minha matéria prima é a mutação.
5. Sou um conceito populacional, não sou aplicável a indivíduos.
6. Quando atuo no genoma, a minha maior força é o acaso também chamada de deriva gênica.
7. Não devo ser confundida com progresso.
8. Existem dois processos que transformam ao longo do tempo, o desenvolvimento de um indivíduo do ovo até o adulto e eu.
9. Charles Darwin foi um ferrenho defensor de minhas ideias.
10. Minha força mais conhecida é a seleção natural.

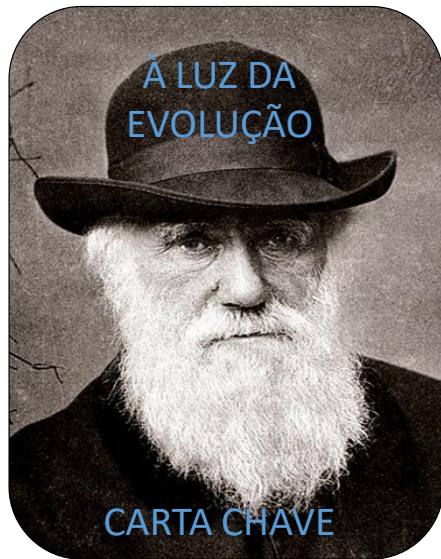
Carta Conceito 1: Evolução



CONCEITO
VIDA

1. Quando um cientista estuda meus amigos fora da Terra chamamos de exobiologia.
2. Minhas propriedades básicas são: mutação, reprodução e herança.
3. Pesquisadores divergem sobre a minha abrangência.
4. O primeiro de mim deu origem à explosão biológica.
5. Existe um debate: o primeiro de mim tinha metabolismo autotrófico ou heterotrófico?
6. Depois do primeiro de mim, veio o mundo do RNA.
7. Posso ter vindo de outro planeta ou de fontes hidrotermais nos oceanos.
8. Alguns dizem que eu não incluo os vírus.
9. A biologia nasceu com o primeiro de mim.
10. Termina sempre na morte.

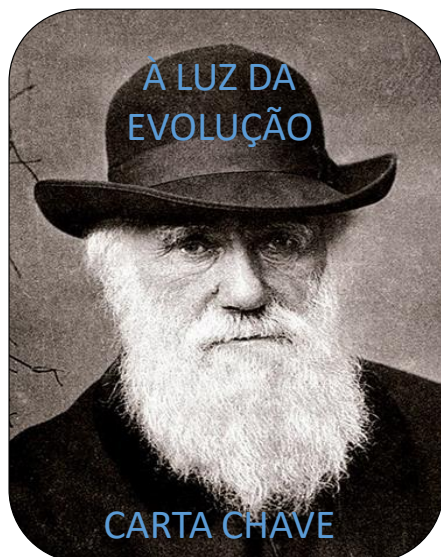
Carta Conceito 2: Vida



CONCEITO SELEÇÃO NATURAL

1. Demorei algumas décadas para ser publicada depois que já tinham percebido a minha existência.
2. Os tentilhões das ilhas Galápagos são um exemplo claro da minha atuação.
3. Sem variação, eu não existo.
4. O ambiente me ajuda em escolher variações mais favoráveis.
5. Alfred Wallace também me criou.
6. O livro "Origem das espécies", lançado em 1859 me explica em detalhes.
7. Atuo quando variações naturais tem diferenças na sobrevivência dos indivíduos que as possuem.
8. As superbactérias são exemplos reais de como eu atuo.
9. A seleção sexual é meu processo irmão.
10. Charles Darwin me criou primeiro.

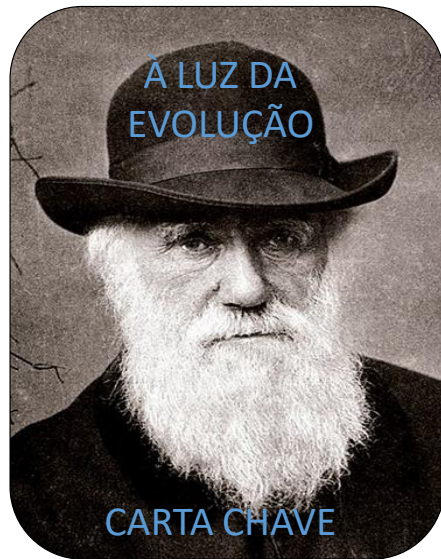
Carta Conceito 3: Seleção Natural.



CONCEITO ESPÉCIE

1. Apareci com o primeiro ser vivo.
2. Com reprodução assexuada, complica minha definição.
3. Sou composta por várias populações.
4. O isolamento reprodutivo determina minhas fronteiras.
5. A aparência ajuda, mas os cruzamentos me definem melhor.
6. Um híbrido, como o ligre (cruzamento entre leão e tigresa), indica que os pais pertencem a tipos diferentes de mim.
7. Novos tipos de mim aparecem a partir de eventos de especiação.
8. Se um cruzamento não gera filhotes férteis, os pais pertencem a tipos diferentes de mim.
9. Um nome científico me identifica.
10. Tenho mais de 20 conceitos diferentes.

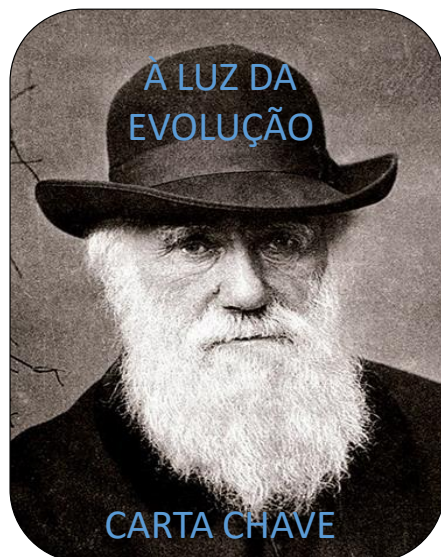
Carta Conceito 4: Espécie.



CONCEITO FÓSSIL

1. Lagerstätte é um local que exibe condições muito especiais para mim.
2. Eu sou a transformação do organismo que morreu em rocha.
3. Apareço em rochas sedimentares.
4. Se o organismo morre e é enterrado rapidamente aumenta a minha chance de ficar preservado.
5. Sou uma evidência da evolução biológica.
6. Sou muito importante como registro histórico.
7. Ao me estudar, os cientistas descobrem os mistérios da evolução.
8. Eu posso ser uma pegada, um osso ou até mesmo fezes.
9. Quanto mais duro o organismo é melhor eu fico.
10. A ciência que me estuda é a paleontologia.

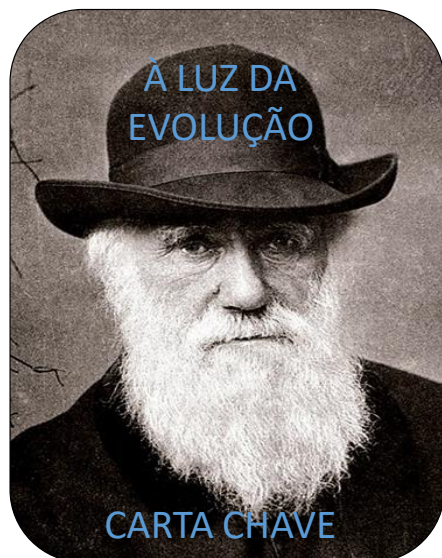
Carta Conceito 5: Fóssil.



CONCEITO REPRODUÇÃO SEXUADA

1. Estou presente em seres unicelulares e multicelulares.
2. Sou praticamente universal na biodiversidade.
3. Sou um processo biológico intimamente relacionado à vida.
4. Minha irmã odeia variação.
5. Por minha causa, a variação não é perdida.
6. Promovo a união de metades diferentes.
7. Alternância de gerações é quando eu e minha irmã revezamos.
8. Sou um processo que preserva a variabilidade genética.
9. Uso gametas no meu dia a dia.
10. Termina com a fecundação.

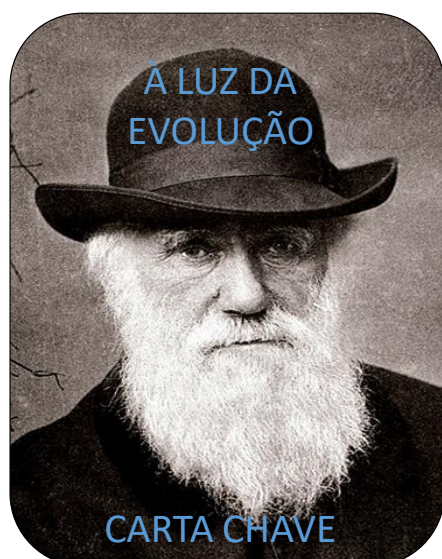
Carta Conceito 6: Reprodução sexuada.



CONCEITO
SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

1. Não suporto biodiversidade desorganizada, sempre organizo.
2. Minha história é a evolutiva.
3. Eu mostrei que nem todos os dinossauros foram extintos no Cretáceo.
4. Charles Darwin já tinha percebido minhas qualidades.
5. Odeio grupamentos taxonômicos artificiais.
6. Meu código de nomenclatura é o Filocódigo.
7. A melhor forma de me representar é como uma árvore.
8. Ancestral comum e seus descendentes, esta é a minha chave.
9. Willi Hennig me mostrou para o mundo.
10. Peixes? Humm, nem pensar, eles não existem.

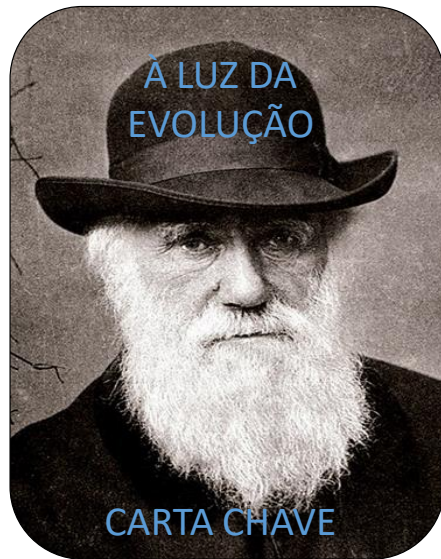
Carta Conceito 7: Sistemática filogenética.



CONCEITO
TAXONOMIA

1. Sou uma ciência muito antiga.
2. Meu objetivo é o de um pai que registra um filho.
3. Os meus nomes já foram breves descrições dos organismos.
4. Muitos me usam para homenagear seus ídolos.
5. Aristóteles me criou.
6. O meu profissional é um exímio conhecedor da variabilidade dentro e fora da espécie.
7. Uma espécie é o meu menor grupo.
8. Lineu me aperfeiçoou.
9. Sou fluente em latim.
10. Filo, classe e ordem são exemplos de categorias minhas.

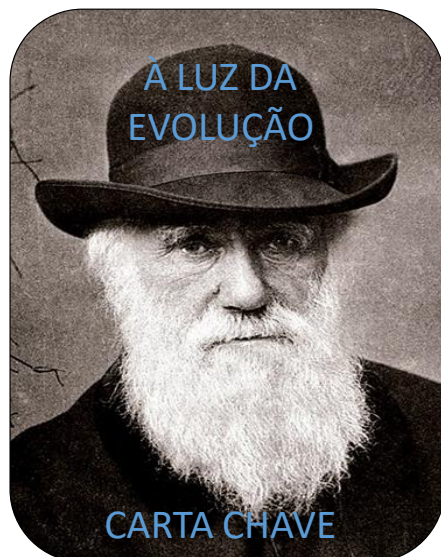
Carta Conceito 8: Taxonomia.



CONCEITO EXTINÇÃO

1. Eu diminuo a competição entre as espécies.
2. Um parceiro meu foi o oxigênio.
3. Eu e a especiação trabalhamos alternadamente.
4. Adoro mudanças ambientais.
5. Alguns me odeiam e me xingam de tragédia.
6. Sou responsável pelas grandes transformações da biota no planeta terra.
7. Alguns grupos raros me adoram.
8. Um outro parceiro meu foi um meteoro.
9. Espécies com populações pequenas tem muito medo de mim.
10. Eu sou má pois, uma vez, eu eliminei mais de 90% das espécies viventes.

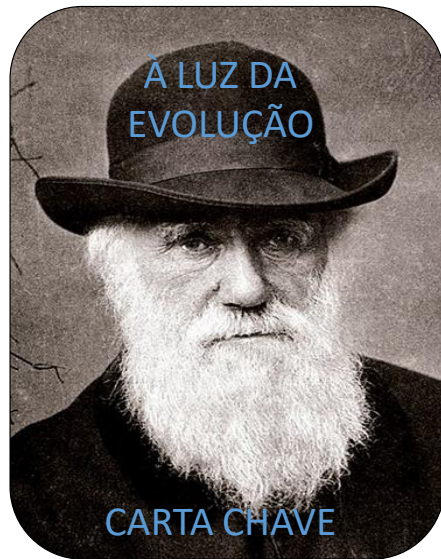
Carta Conceito 9: Extinção.



CONCEITO REPRODUÇÃO ASSEXUADA

1. Sou comum nos seres unicelulares.
2. Sou simples e muito rápida.
3. Tenho a melhor estratégia para colonizar um ambiente.
4. Em vegetais, promovo a multiplicação vegetativa.
5. A mitose é como uma irmã menor para mim.
6. Não uso gametas.
7. Em bactérias, me chamam de divisão binária.
8. Posso atuar na forma de esporos.
9. Formo clones.
10. Não gosto de variabilidade genética.

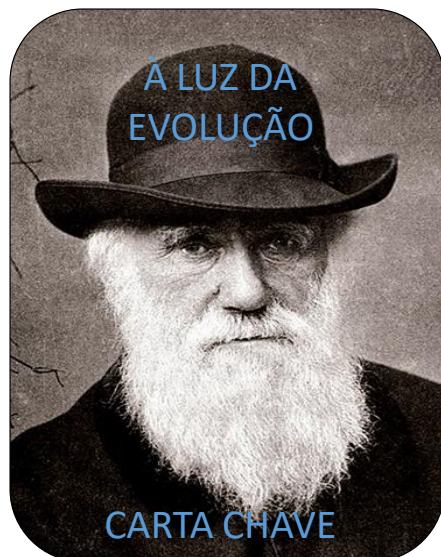
Carta Conceito 10: Reprodução assexuada.



CONCEITO
ÁCIDO DESOXIRRIBOLUNCLÉICO (DNA)

1. Estou presente desde o último ancestral comum da vida.
2. Sou a chave para a vida.
3. Quando me apertam, eu me transformo em cromossomo.
4. Watson e Crick me descobriram.
5. Sou feito de nucleotídeos.
6. Todos me conhecem pela minha sigla, em inglês.
7. As mutações, base do processo evolutivo, ocorrem em mim.
8. Tenho propriedades ácidas.
9. Armazeno as informações genéticas de cada indivíduo.
10. Quem me estuda, chamamos de geneticista.

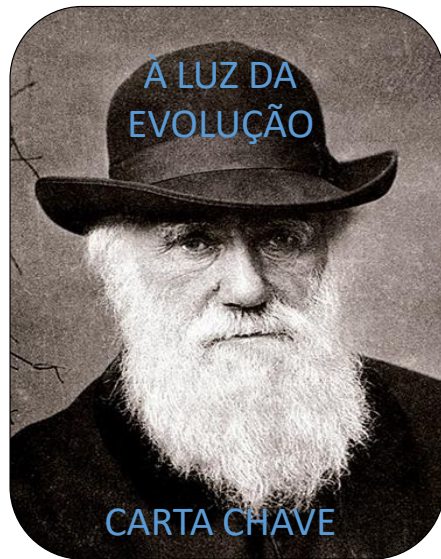
Carta Conceito 11: Ácido Desoxirribonucleico (DNA).



CONCEITO
GENÉTICA

1. Meus primeiros estudos estavam relacionados a ervilhas de cheiro.
2. Sou uma das áreas da biologia que mais se transformam a cada dia.
3. Os humanos já me usam há muito tempo, mas chamavam de melhoramento.
4. Quando me juntei com a evolução darwiniana, formamos o neodarwinismo.
5. Uso heredogramas (ou genealogias) para estudar transmissão de doenças.
6. Dominante, recessivo são termos que uso em meu cotidiano.
7. Minha última novidade é o sequenciamento de nova geração.
8. Gregor Mendel me criou.
9. Tenho como objetivo fundamental estudar a molécula de DNA.
10. Os genes e sua transmissão são minha área de estudo.

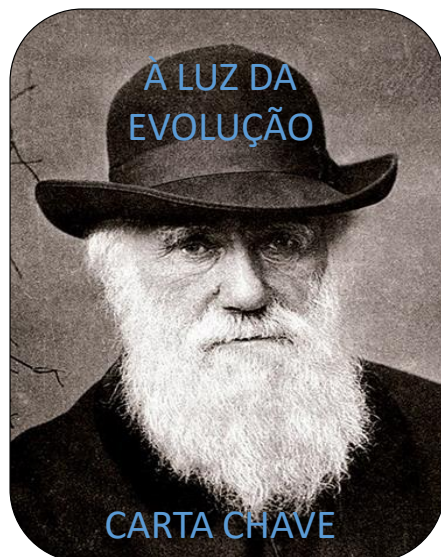
Carta Conceito 12: Genética.



CONCEITO
ISOLAMENTO GEOGRÁFICO

1. Separo o que antes era um único.
2. Grandes e pequenas catástrofes podem me gerar.
3. Dependo da capacidade de dispersão de uma espécie.
4. O Itaimbezinho, no Rio Grande do Sul, é um exemplo meu.
5. Populações podem ser por mim divididas em sub-populações.
6. Sou importante para que surjam novas espécies.
7. Alopátrica é o tipo de especiação que acontece comigo.
8. Inibo o fluxo gênico.
9. Eu e o tempo fazemos a diferenciação entre duas linhagens.
10. Depois de mim, vem o meu irmão: o isolamento reprodutivo.

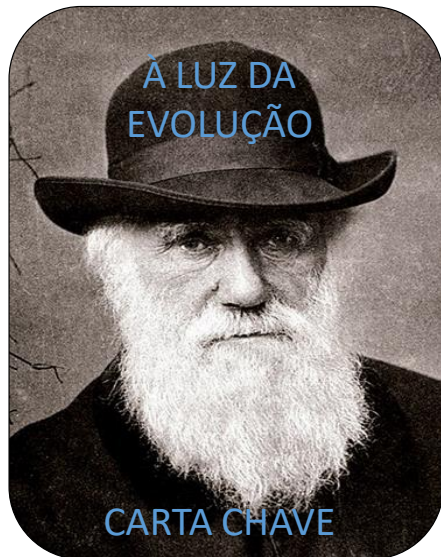
Carta Conceito 13: Isolamento geográfico.



CONCEITO
ÁRVORE FILOGENÉTICA (FILOGENIA)

1. Sou dividida em ramos e nós.
2. Alguns se confundem e acham que eu mostro progresso, eu mostro mudança.
3. Muitos usam diferenças nas sequências de DNA para me construir.
4. Sou fundamental para você entender a relação de parentesco entre os grupos.
5. Na maior de todas, existem todas as espécies vivas e que já morreram.
6. Eu, com uma raiz, mostro o tempo.
7. Tenho como referência um ancestral comum e seus descendentes.
8. A parcimônia é uma das formas de me descobrir.
9. Usam um grupo externo para me enraizar.
10. Sou parecida com uma árvore.

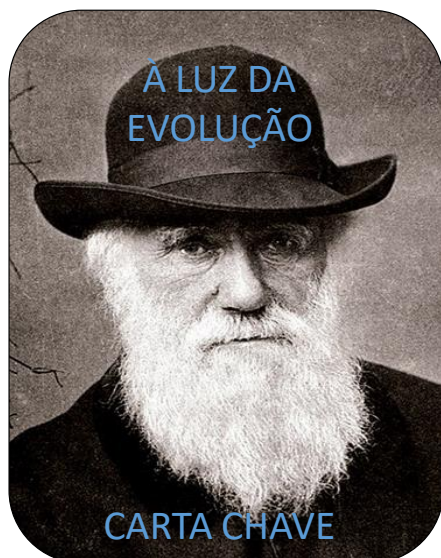
Carta Conceito 14: Árvore filogenética (Filogenia).



CONCEITO
ÓRGÃOS HOMÓLOGOS (Homologia)

1. Sou uma evidência da evolução biológica.
2. Minha irmã é resultado de convergência evolutiva
3. Não sou um conceito quantitativo, mas qualitativo.
4. Posso estar em características moleculares, morfológicas ou fisiológicas.
5. Sou o resultado de um ancestral comum compartilhado entre linhagens.
6. Posso ter função igual ou diferente em espécies diferentes.
7. Eu tenho a mesma origem embrionária em linhagens diferentes.
8. Nadadeiras de golfinhos e asas de morcegos são exemplos de como eu posso funcionar.
9. Minha definição é: similaridade com origem comum.
10. Posso ser uma asa em uma espécie, uma nadadeira em outra ou uma pata em outra.

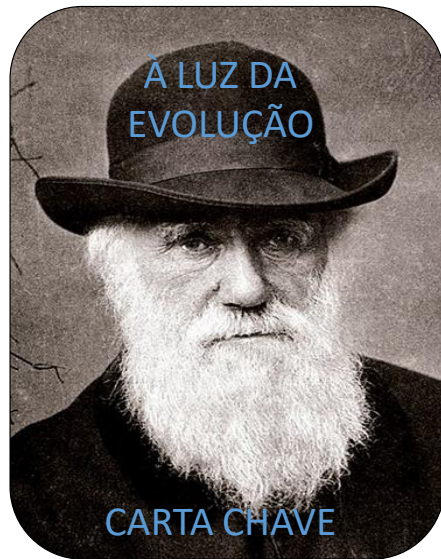
Carta Conceito 15: Órgãos homólogos (Homologia).



CONCEITO
ONTOGENIA (Desenvolvimento)

1. Sou uma evidência da evolução biológica.
2. Eu e a evolução somos exemplos de transformação ao longo do tempo.
3. Sou um processo individual e não populacional.
4. Afeto características moleculares, morfológicas ou fisiológicas.
5. A intolerância a lactose é natural; eu interrompo a produção da lactase depois do desmame.
6. Taxonomistas tem problemas comigo.
7. Quando um organismo fica parecido com seu ancestral jovem, denomina-se pedomorfose, uma alteração do meu processo original.
8. Evo-devo é uma nova área que estuda a evolução em mim.
9. Em um nível molecular, sou chamada de regulação gênica.
10. Quando existe muita diferença entre o jovem e o adulto de uma espécie, todos me culpam.

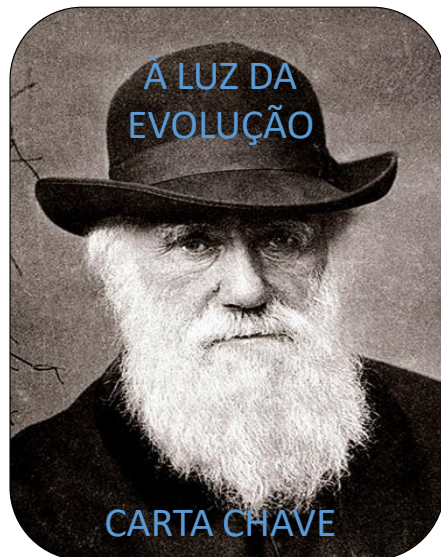
Carta Conceito 16: Ontogenia (Desenvolvimento).



CONCEITO MIGRAÇÃO

1. Em humanos, existem questões legais que me inibem.
2. Eu posso intermediar a transmissão de doenças, por isso, sou perigosa.
3. Promovo a união das populações naturais.
4. A globalização me ajuda muito.
5. Sou uma força evolutiva.
6. Eu torno o pessoal menos diferente.
7. Se a especiação já aconteceu, eu posso aumentar a competição.
8. Tenho muita influência na biogeografia.
9. Sou conhecida por impedir a especiação.
10. Transporte barato e eficiente é a chave para eu conseguir crescer.

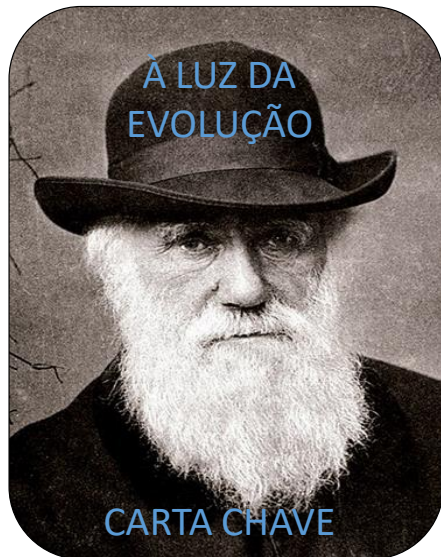
Carta Conceito 17: Migração.



CONCEITO BIOGÊNESE

1. Minha essência só funciona depois da origem da vida.
2. Trabalho junto com a herança das características.
3. Foi me testando que o controle científico de um experimento iniciou.
4. Joseph Lister, o pai da Medicina moderna, leu o artigo que me colocou no topo do mundo e desenvolveu os princípios modernos de higiene hospitalar.
5. Redi apostou em mim e convenceu muita gente.
6. Eu digo: filhos nascem de pais.
7. Antes de mim, acreditavam em receitas para criar ratos.
8. Meu pai foi o francês Louis Pasteur.
9. A abiogênese é minha irmã malvada.

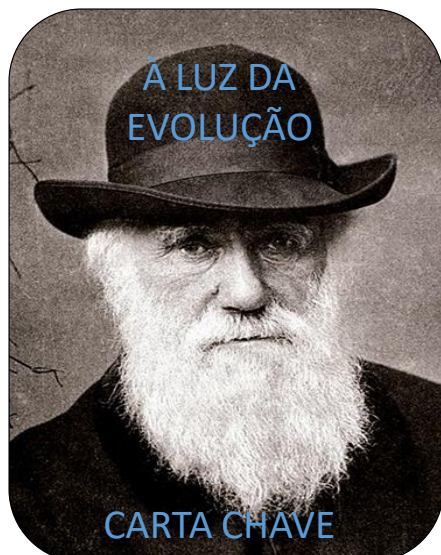
Carta Conceito 18: Biogênese.



CONCEITO
GRUPO MONOFILÉTICO

1. Só apareço quando você mostra o tempo.
2. Minha mãe é um evento de especiação.
3. A vida é classificada com meu nome.
4. Sou a essência da Sistemática filogenética.
5. Todos me buscam na classificação.
6. Darwin foi o primeiro a me notar, mas foi Hennig que disse como me achar.
7. Répteis não existem, dizem meus especialistas.
8. A maneira de me achar é por uma árvore filogenética.
9. Eu sou o ancestral comum e mais todos os descendentes dele.
10. Quando colocam mais do que meus filhos, nasce meu primo polifilético, menos nasce um parafilético.

Carta Conceito 19: Grupo monofilético.

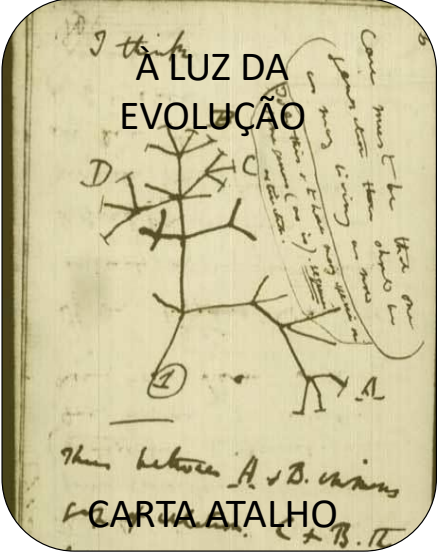


CONCEITO
BIODIVERSIDADE

1. Aceito restrições temporais e espaciais.
2. O Instituto Chico Mendes só tem olhos para mim.
3. Dependo de insetos polinizadores, como as abelhas.
4. Estou ficando cada vez mais magra.
5. Todos querem me salvar, mas precisam trabalhar melhor para isso.
6. Sou o que você vê de diferente na natureza.
7. Para me ajudar, diminua a produção de lixo e elimine o desperdício alimentar.
8. Aquecimento global não gosta de mim.
9. No mar, sou mais forte em recifes de coral e na terra em florestas tropicais.
10. Parques nacionais tem objetivo de me preservar.

Carta Conceito 20: Biodiversidade.

A LUZ DA
EVOLUÇÃO



CARTA ATALHO

CARTA ATALHO

USE ESTA CARTA PARA
ENCAMINHAR SEU
PALPITE FORA DA
SUA VEZ

Carta Atalho

Anexo 2: TABELA DE PONTUAÇÃO

	Carta chave 1	Carta-chave 2	Carta chave 3	Carta chave 4	Carta chave 5	TOTAL
Equipe 1						
Equipe 2						
Equipe 3						
Equipe 4						
Equipe 5						