

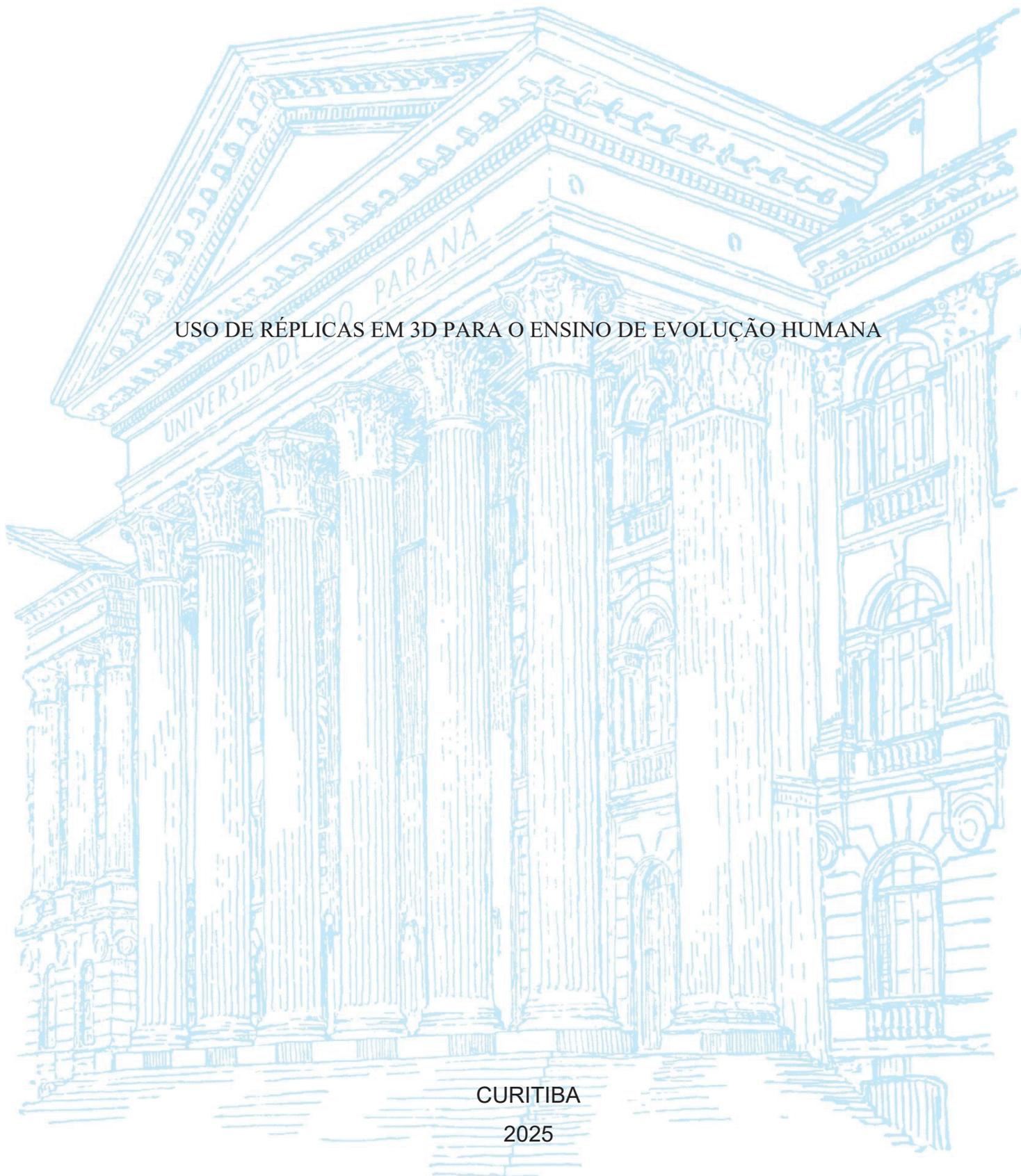
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ITA MÁRCIA DE LIMA

USO DE RÉPLICAS EM 3D PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO HUMANA

CURITIBA

2025



ITA MÁRCIA DE LIMA

USO DE RÉPLICAS EM 3D PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO HUMANA

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª. Nina Amália Brancia Pagnan
Co- orientador: Prof. Dr. Edson Tanhofer

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Lima, Ita Márcia de

Uso de réplicas em 3D para o ensino de evolução humana /
Ita Márcia de Lima. — Curitiba, 2025.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do
Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

Orientadora: Profª Drª. Nina Amália Brancia Pagnan.
Coorientador: Prof. Dr. Edson Tanhofer.

1. Biologia – Estudo e ensino. 2. Evolução humana. 3.
Impressão tridimensional. 4. Aprendizagem ativa. I. Pagnan, Nina
Amalia Brancia. II. Tanhoffer, Edson Antonio, - 1965-. III.
Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede
Nacional. IV. ProfBio. V. Título.

Bibliotecária: Giana Mara Seniski Silva. CRB-9/1406



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ITA MÁRCIA DE LIMA**, intitulada: **USO DE RÉPLICAS EM 3D PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO HUMANA**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa. A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 21 de Março de 2025.

Assinatura Eletrônica

25/03/2025 09:01:16.0

NINA AMÁLIA BRANCIA PAGNAN
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

24/03/2025 10:17:12.0

VALÉRIA CUNHA MUSCHNER
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

25/03/2025 10:57:22.0

FERNANDO ANTONIO SEDOR
Avaliador Externo (MUSEU DE CIÊNCIAS NATURAIS UFPR)

Avenida Coronel Francisco Heráclito dos Santos, 100 - Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-1674 - E-mail: profbioufprcoordenacao@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 434586

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 434586



RELATO DO MESTRANDO



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

Instituição: Universidade Federal do Paraná – UFPR

Mestranda: Ita Márcia de Lima

Título do TCM: USO DE RÉPLICAS EM 3D PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO HUMANA

Data da defesa: 21 de março de 2025.

Desde 2013, sou professora efetiva do quadro de magistério da Secretaria de Educação de Santa Catarina, licenciada em Ciências Biológicas, Química e Pedagogia. Ao longo da minha trajetória, atuei como docente de Biologia e Ciências nos Ensinos Fundamental, Médio e no curso de Magistério, atendendo estudantes de diversas faixas etárias, desde crianças de seis anos até adultos com mais de cinquenta anos.

O desejo de ingressar no mestrado sempre esteve presente em minha trajetória profissional, mas permaneceu adormecido até 2022, quando uma amiga me enviou o edital do processo seletivo para o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO), incentivando-me a participar da seleção ao seu lado. Naquele momento, reacendeu-se em mim a vontade de avançar na formação acadêmica. A aprovação no processo seletivo, aliada ao incentivo e à bolsa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), permitiu-me dar início a essa jornada.

Com o apoio e o incentivo da minha família, bem como com grande dedicação e esforço, todas as sextas-feiras, após uma semana intensa de 50 horas de trabalho, embarcava à 1h da madrugada em um ônibus rumo a Curitiba, determinada a dar um passo de cada vez rumo à concretização desse objetivo.

O mestrado revelou-se uma experiência enriquecedora em inúmeros aspectos. As aulas, ministradas por professores altamente qualificados, proporcionaram não apenas a atualização e o aprofundamento dos conceitos biológicos, muitas vezes desmistificando equívocos arraigados, mas também fomentaram reflexões sobre a prática docente. O convívio com colegas professores, que compartilhavam vivências e desafios semelhantes aos meus, fortaleceu um ambiente de troca de experiências, angústias e conquistas.

Entretanto, um dos aspectos mais significativos dessa trajetória foi o resgate do prazer pela pesquisa. A rotina exaustiva da docência, somada aos desafios impostos pelo próprio sistema educacional, frequentemente nos distancia da investigação científica e do hábito da

leitura crítica. O mestrado, contudo, reacendeu em mim o espírito do professor-pesquisador, estimulando o questionamento, a busca por respostas e o aprimoramento contínuo da prática pedagógica.

Foram inúmeros os desafios enfrentados ao longo desses dois anos, mas a aprendizagem adquirida e as trocas vivenciadas com docentes e colegas tornaram cada obstáculo superável. Hoje, ao concluir essa etapa, carrego comigo uma bagagem acadêmica e profissional imensamente enriquecida, que fortalece minha atuação docente e reafirma meu compromisso com uma educação de qualidade, baseada na investigação, na reflexão e na transformação do ensino de Biologia.

*Dedico este trabalho aos meus pais, esposo e
filha, pessoas especiais que fizeram toda diferença para
que eu obtivesse sucesso em meu trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força e protegido minhas idas e vindas para as aulas do mestrado nos mais de 400 km viajados semanalmente.

Agradeço ao meu esposo Ednilson Gasner e minha filha Livia Emanuely de Lima Gasner por todo suporte, apoio, compreensão e amor.

Agradeço aos meus pais, Malvina de Lima e Waldomiro dos Santos de Lima por todo amor, dedicação e por sempre me incentivarem nos estudos.

Agradeço as minhas irmãs e irmãos, Marivane, Ivonilce, Alice, Elaine, Maira, Letticia, Gilnei, Davi, Vitacir, Ezequiel e Adilson por serem fonte de inspiração, incentivo e orgulho na minha caminhada.

Agradeço a minha amada e admirada orientadora, Prof^ª Dr^ª. Nina Amália Brancia Pagnan, por toda orientação, apoio, cordialidade e generosidade a cada etapa do mestrado. Pela inspiração e incentivo em ser melhor e fazer a diferença na educação, e por todo suporte intelectual e de infraestrutura que fizeram ser possível este produto final da dissertação.

Agradeço ao meu co-orientador, Prof. Dr. Edson Tanhofer, pela parceria, apoio, correções e ideias as quais foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os professores, do Mestrado Profissional de Ensino da Biologia (PROFBIO) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pela dedicação e compromisso com a formação de professores de Biologia.

Agradeço aos colegas da turma 2023 pelo apoio, união e colaboração nessa jornada. Em especial a Andressa e Dayane que tornaram essa caminhada mais leve e prazerosa.

Agradeço ao Dr. Fernando Sedor, coordenador do Museu de Ciências Naturais da UFPR, que cedeu os crânios originais para digitalização, contribuindo de forma fundamental para a realização deste trabalho. Seu apoio foi essencial para esta pesquisa.

Agradeço ao acadêmico da UFPR João Bigaton por ter realizado a digitalização dos crânios nos arquivos 3D, o qual foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a Escola Balduino Cardoso e ao Professor Kaue Migazaki por toda disponibilidade e ajuda na impressão dos crânios em 3D.

Agradeço a Prof. Dr^ª Maria Fernanda Pioli Torres do depto. de Anatomia da UFPR pela disponibilidade, orientação e ajuda na definição das réplicas para o trabalho.

Agradeço imensamente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa, que foram de suma importância para a realização deste trabalho e para a minha formação acadêmica.

**"A evolução não é apenas uma questão de sobrevivência do mais forte, mas de
cooperação e interdependência."**

— Jane Goodall

RESUMO

A Teoria da Evolução, desde sua formulação por Charles Darwin e publicação em "A Origem das Espécies" em 1859, representa um marco crucial para a ciência. No entanto, ao longo do tempo, enfrentou desafios e a disseminação de informações equivocadas, especialmente na evolução humana. Um equívoco comum é a ideia de que os seres humanos descendem diretamente dos macacos, simplificando a complexidade da trajetória evolutiva dos hominídeos. Este trabalho de conclusão busca fornecer subsídios aos professores de Biologia, integrando conhecimento teórico com o uso de modelos didáticos em impressão 3D. A intenção é superar as barreiras identificadas no ensino da evolução humana, tornando-o mais eficiente e significativo. Foram produzidas réplicas em 3D de seis crânios, acompanhadas de uma sequência de atividades investigativas para apoiar o ensino. As atividades propostas visam aprofundar o entendimento dos alunos, desmistificando conceitos errôneos. Este recurso educacional pretende estimular e apoiar os professores, especialmente em Santa Catarina, na utilização da tecnologia 3D para aulas investigativas de Biologia. O objetivo é despertar o interesse dos estudantes, incentivando-os a serem agentes autônomos no processo de aprendizagem. Espera-se que essa abordagem contribua significativamente para a formação científica dos estudantes, preparando-os para compreender e discutir temas relacionados à evolução humana de maneira reflexiva e fundamentada.

Palavras-chave: biologia; evolução humana; impressão 3D; aprendizagem investigativa.

ABSTRACT

The Theory of Evolution, since its formulation by Charles Darwin and publication in "The Origin of Species" in 1859, represents a crucial milestone for science. However, over time, it has faced challenges and the spread of misinformation, especially in human evolution. A common misconception is the idea that humans are directly descended from apes, simplifying the complexity of the evolutionary trajectory of hominids. This final paper seeks to provide subsidies to Biology teachers, integrating theoretical knowledge with the use of didactic models in 3D printing. The intention is to overcome the barriers identified in the teaching of human evolution, making it more efficient and meaningful. 3D replicas of six skulls were produced, accompanied by a sequence of investigative activities to support teaching. The proposed activities aim to deepen the students' understanding, demystifying misconceptions. This educational resource aims to stimulate and support teachers, especially in Santa Catarina, in the use of 3D technology for investigative Biology classes. The objective is to arouse the interest of students, encouraging them to be autonomous agents in the learning process. It is expected that this approach will contribute significantly to the scientific training of students, preparing them to understand and discuss topics related to human evolution in a reflective and reasoned way.

Keywords: biology; human evolution; 3D printing; investigative learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 –	IMAGEM 3D EM VISTA LATERAL DIREITA DO CRÂNIO DE UM GORILA MACHO ADULTO.....	40
FIGURA 2 –	VISTA LATERO-DORSAL ESQUERDA DO CRÂNIO DE UM CHIMPANZÉ NEONATO. IMAGEM EM 3D.....	42
FIGURA 3 –	VISTA LATERAL ESQUERDA DO CRÂNIO DE UM CHIMPANZÉ ADULTO, IMAGEM EM 3D.....	43
FIGURA 4 –	VISTA ANTERIOR DO CRANIO DE <i>Australopitecus aferensis</i> IMAGEM EM 3D.....	44
FIGURA 5 –	VISTA ANTERIOR DO CRÂNIO E MANDÌBULA DE <i>Homo neanderthalensis</i> IMAGEM EM 3D.....	45
FIGURA 6 –	VISTA LATERAL DIREITA <i>Homo erectus</i> IMAGEM EM 3D DO CRÂNIO.....	46
FIGURA 7 –	VISTA ANTERIOR DO CRÂNIO E MANDIBULA DE <i>Homo sapiens</i>	48
FIGURA 8 –	VISTA LATERAL ESQUERDA DO CRÂNIO E MANDÌBULA DA RÉPLICA TRIDIMENSIONAL (3D) DE GORILA.....	49
FIGURA 9 –	RÉPLICA ANATÔMICA TRIDIMENSIONAL (3D) CHIMPANZÉ ADULTO.....	50
FIGURA 10 –	RÉPLICA ANATÔMICA TRIDIMENSIONAL (3D) CHIMPANZÉ BEBÊ.....	50
FIGURA 11 –	RÉPLICA ANATÔMICA TRIDIMENSIONAL (3D) <i>Australopitecus afarencis</i>	51
FIGURA 12 –	CAPA DO E-BOOK DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE EVOLUÇÃO HUMANA.....	54
FIGURA 13 –	ÍNDICE DO E-BOOK DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS SOBRE EVOLUÇÃO HUMANA.....	55

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	38
QUADRO 2 –	CONTEÚDOS, HABILIDADES E OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM QUE COMPÕEM AS ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	56

LISTA DE SIGLAS

3D	Tridimensional
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNC	Controle Numérico Computadorizado
cm ³	Centímetro cúbico
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
NTL	National Training Laboratory
OCEM	Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PCNEF	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCN's	Parâmetros Curriculares Nacionais
PLA	Ácido polilático (material utilizado para impressão 3D)
PROFBIO	Programa de Mestrado Profissional em Biologia
SD	Sequência Didática
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
STL	Formato de arquivo para modelos 3D (StereoLithography)
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.2	OBJETIVOS.....	19
1.2.1	Objetivo geral.....	19
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	JUSTIFICATIVA.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	EVOLUÇÃO HUMANA.....	20
2.2	ENSINO DE BIOLOGIA NO BRASIL.....	22
2.3	O ENSINO DA EVOLUÇÃO HUMANA NO ENSINO BÁSIC.....	23
2.4	ABORDAGEM DIDÁTICA – O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM BIOLOGIA.....	27
2.5	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	29
2.6	MODELOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO.....	31
2.7	O USO DA TECNOLOGIA 3D NA EDUCAÇÃO.....	32
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	CONSTRUÇÃO DO RECURSO EDUCACIONAL.....	35
3.2	ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	ESCOLHA, DIGITALIZAÇÃO E CONFECÇÃO DAS RÉPLICAS 3D.....	39
4.2	E-BOOK DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA TRABALHAR EVOLUÇÃO HUMANA.....	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62
	APÊNDICE I.....	74
	APÊNDICE II.....	88
	APÊNDICE III.....	174

1 INTRODUÇÃO

A Evolução é um tema fundamental para as ciências biológicas, uma vez que suas teorias e conceitos são unificadores e permitem a integração de diversos campos e assuntos, mesmo que não diretamente relacionados à evolução biológica, inclusive a humana. Como mencionado por Valotta *et al.* (2000), conhecer a evolução possibilita uma compreensão mais abrangente da biologia moderna, contribuindo para um conhecimento completo da área.

A teoria da evolução ganhou reconhecimento global após a publicação do livro "A Origem das Espécies" por Charles Darwin, um renomado naturalista cujos estudos tiveram um impacto significativo não apenas no campo da Biologia. Darwin apresentou duas teses revolucionárias para a época: a primeira afirmava que todos os organismos compartilham um ancestral comum, enquanto a segunda identificou a seleção natural como o principal mecanismo responsável pela maior sobrevivência dos indivíduos melhor adaptados ao ambiente, atuando, portanto, sobre as variações individuais (Kutschera; Niklas, 2004). Todavia, somente no século XIX estudiosos passaram a aceitar a ideia da substituição gradual das espécies por outras através de adaptações a ambientes em constante mudança (Uzunian; Pinseta; Sasson, 1991). Salienta-se que Darwin não conseguiu explicar a origem da variação e, a partir dos novos conhecimentos trazidos pela Genética (leis de Mendel, mutações), surge o Neodarwinismo, que considera a população, e não o indivíduo, como unidade evolutiva, completando, de maneira inequívoca, a veracidade e confiabilidade da teoria da evolução de Darwin.

A evolução biológica é definida como o conjunto de mudanças genéticas que ocorrem nas populações de organismos ao longo do tempo, as quais são herdadas pelos indivíduos da população subsequente. Essas mudanças podem variar de pequenas modificações a grandes alterações, abrangendo assim uma ampla gama de escalas evolutivas (Futuyma, 1992).

Estudar a evolução humana significa compreender o processo pelo qual os seres humanos se originaram e se diferenciaram como espécie. Ao longo de milhares de anos, à medida que os primatas evoluíram, as características distintivas da espécie humana foram moldadas. Charles Darwin foi pioneiro ao propor a relação de parentesco entre os humanos e os grandes símios (Abrantes, 2013).

As teorias evolucionárias, que constituem um arcabouço analítico fundamental, estendem-se a todas as formas de vida que povoam o planeta Terra, inclusive a espécie humana (Vieira, 1995). A ancestralidade da espécie humana contemporânea encontra suas raízes em uma diversificada linhagem de homínídeos, distribuídos em várias localidades ao redor do

globo, cujas origens remontam a aproximadamente 7 milhões de anos no continente africano.

Em virtude da curiosidade humana, a origem do *Homo sapiens* tem sido uma temática de interesse contínuo, historicamente abordada por meio de narrativas mitológicas e folclóricas, até que o progresso da pesquisa no campo da antropologia biológica possibilitou a disseminação de informações embasadas em investigações científicas sistemáticas. A investigação do processo evolutivo humano não somente contribui para a compreensão da forma humana e suas modificações ao longo do tempo, mas também permite a construção de uma narrativa mais concreta sobre as origens do ser humano (Andrade; Massabni, 2011).

Dada a relevância da temática da evolução humana, torna-se essencial desenvolver abordagens didáticas inovadoras no campo do ensino de Biologia. Essas abordagens não apenas facilitam a compreensão de questões sociais contemporâneas, mas também promovem a integração de conceitos científicos (Mello, 2008).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), o propósito do ensino da evolução humana é capacitar os alunos a compreender desde a origem da espécie até o estágio de desenvolvimento cultural atual. Além disso, busca-se cultivar nos estudantes a habilidade de reconhecer o impacto do ser humano na evolução de outras espécies e no ambiente planetário em que está inserido (Brasil, 2000).

Entretanto, devido a uma série de fatores, tais como a complexidade dos conceitos científicos envolvidos, bem como influências derivadas de crenças religiosas e contextos culturais, tanto por parte dos professores quanto dos estudantes, distorções substanciais podem surgir no entendimento da evolução humana. Diante desse cenário, torna-se essencial à identificação das ideias equivocadas e a implementação de estratégias complementares no escopo desse estudo. Estas abordagens visam a identificação dessas interpretações deturpadas, de modo a garantir a validade substantiva da compreensão dos princípios basilares da biologia (Carneiro; Rosa, 2003).

Diante disso, a estratégia utilizada pelo professor para explorar o tópico em sala de aula deve ser cuidadosamente elaborada para facilitar uma aprendizagem mais profunda. Isso pode começar a partir do conhecimento prévio dos alunos, permitindo discussões e trocas de informações entre eles e o professor. Essa abordagem dinâmica tem maior potencial para produzir resultados satisfatórios no processo de ensino (Campos; Nigro, 2009).

Nesse contexto, a educação emerge como um empreendimento abrangente, demandando a contínua busca por aprimoramento, por meio de estudos diversos e da adoção de métodos que viabilizem atingir os objetivos desejados (Faria, 2001). Desta forma, recursos

didáticos se revelam como ferramentas valiosas para enriquecer o processo de ensino. De acordo com Andrade e Massabni (2011), são considerados recursos didáticos todos os materiais passíveis de utilização em sala de aula, com o propósito central de facilitar o ensino e a aprendizagem dos conteúdos propostos, estando aptos a serem empregados pelo professor.

A aplicação de recursos didáticos na sala de aula não apenas facilita o trabalho do educador, mas também facilita o processo de aprendizado do aluno, desempenhando um papel crucial na comunicação entre professor e estudante. Quando empregado adequadamente, com metas definidas, o recurso didático pode despertar o desejo do aluno por explorar novos conhecimentos e se engajar ativamente na esfera da pesquisa (Campos; Nigro, 2009).

Segundo Santos e Calor (2007), o método tradicional de ensino não apresenta um impacto significativo na aprendizagem dos alunos em nível nacional. No que diz respeito ao ensino da evolução, possivelmente devido a uma aplicação ineficaz, o tema é frequentemente mal compreendido, contribuindo para um desinteresse em relação a ele. Os autores afirmam que essa negligência promove uma interpretação equivocada por parte dos alunos, que muitas vezes concebem o processo evolutivo de maneira simplista, visualizando-o como uma linha reta de mudanças morfológicas progressivas.

Uma estratégia para tornar a compreensão do tema mais acessível é aproveitar as vantagens da tecnologia na educação, como por exemplo, a criação de objetos táteis por meio de uma impressora 3D (Junior; Castillo; Coutinho, 2015).

De acordo com Basniak e Lizieiro (2017), a tecnologia da impressão 3D ainda é pouco explorada no âmbito educacional. No entanto, essa ferramenta tem um grande potencial para enriquecer o ensino em diversas disciplinas. Essa inovação pode revolucionar a abordagem tradicional de ensino, tornando-a mais dinâmica e cativante para os alunos, ao permitir a criação e uso de objetos produzidos pela impressora.

Conforme ressaltado por Nunes e Chaves (2015), a introdução de inovações educacionais, como o uso de tecnologias digitais como Arduino (uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto projetada para facilitar a criação de projetos interativos e dispositivos eletrônicos), impressoras 3D, Controle Numérico Computadorizado (CNC) e outras, desempenha um papel pedagógico fundamental na busca por uma reestruturação do processo de ensino-aprendizagem.

Caldonho (2023) empreenderam uma investigação para determinar o impacto dos materiais didáticos em sala de aula. Os autores identificaram um aumento no engajamento durante as aulas, melhoria na compreensão do conteúdo abordado e um aperfeiçoamento da

dinâmica da aula, tornando-a mais envolvente. A pesquisa conclui que a utilização de materiais tridimensionais produzidos por impressão amplifica a intensidade da aprendizagem dos alunos.

Segundo Caldonho (2023), cabe ao educador promover atividades que permitam aos alunos uma compreensão mais profunda dos conteúdos abordados. De forma congruente, o estudo conduzido pela National Training Laboratory – NTL (2019), que delineia a "pirâmide do aprendizado", evidencia que a implementação de atividades práticas ostenta uma eficácia de 75% no processo de ensino-aprendizagem. Comparativamente, a leitura e a instrução mútua entre os alunos apresentam eficácias de aprendizado de 10% e 90%, respectivamente.

Tendo em vista as discussões abordadas, o presente trabalho tem como problema central a seguinte questão: Considerando a importância do tema evolução humana e as dificuldades no âmbito educacional, como a tecnologia de impressão 3D pode ser empregada para recriar, comparar e visualizar de forma tangível características anatômicas de espécies ancestrais, como, por exemplo, o *Australopithecus sp.*, em comparação ao *Homo sapiens*, para auxiliar no processo de ensino aprendizagem dos alunos do ensino médio sobre evolução humana.

Assim, propõe-se utilizar modelos tridimensionais para explorar as mudanças nas estruturas cranianas, incluindo a reconstrução de características crânio-faciais, dentes, ossos e outras estruturas relevantes de hominídeos pré-históricos e dos humanos atuais, permitindo que os alunos visualizem, comparem e interajam com réplicas físicas dos nossos ancestrais. Dessa maneira, de forma descontraída e investigativa, com embasamento científico, conceitos referentes ao processo evolutivo com ênfase na evolução humana podem ser trabalhados com os estudantes do ensino médio. Sendo que é essencial que a ação do aluno transcenda a simples manipulação ou observação, pois para que uma atividade seja classificada como investigativa, ela deve incorporar atributos inerentes a um trabalho científico, envolvendo a reflexão, discussão, explicação e relato. Segundo Ribeiro (2020) esses elementos conferem à atividade a qualidade de uma investigação científica, desta forma através dessa abordagem, as réplicas serão utilizadas em uma sequência didática proporcionando aos estudantes uma sequência investigativa em relação a este tema.

Espera-se que, após a conclusão deste trabalho, que o recurso desenvolvido possa ser acessível a docentes e discentes quando a evolução for abordada durante o ensino médio.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Utilizar modelos tridimensionais para criar réplicas de crânios de diferentes espécies humanas ancestrais, do *Homo sapiens* atual, do gorila (*Gorilla sp*) e do chimpanzé (*Pan troglodytes*), com o objetivo de explorar e compreender as características anatômicas e mudanças evolutivas, contribuindo para uma compreensão aprofundada da evolução da espécie humana.

1.2.2 Objetivos específicos

- a. Desenvolver modelos tridimensionais de réplicas de crânios, sendo um crânio humano, um crânio de chimpanzé, Gorila e de crânios ancestrais humanos (*Australopithecus afarensis*, *Homo erectus* e *Homo neanderthalensis*) para se trabalhar o tema evolução em sala de aula.
- b. Desenvolver um e-book com planos de aula que incluam atividades investigativas para aprofundar conceitos da Biologia evolutiva, através do uso da tecnologia 3D.
- c. Promover a integração entre os conteúdos teóricos abordados em sala de aula e a experiência prática proporcionada pelo uso dos modelos tridimensionais para observar e discutir as semelhanças e diferenças entre as espécies atuais e as espécies ancestrais, com o foco em aspectos anatômicos, visando enriquecer o processo de ensino aprendizagem e estimular o interesse dos alunos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A pesquisa sobre o uso da tecnologia de impressão 3D no ensino da evolução humana é de extrema importância em diversos aspectos. Em primeiro lugar, do ponto de vista pessoal/profissional, ela oferece aos educadores a oportunidade de explorar novas metodologias de ensino e recursos educacionais inovadores, aprimorando sua prática pedagógica e aumentando o engajamento dos alunos. Além disso, para os estudantes, o acesso a réplicas físicas de crânios de diferentes espécies humanas ancestrais, bem como de chimpanzés e gorilas, pode tornar o aprendizado mais envolvente e significativo, promovendo uma compreensão mais profunda da evolução humana.

Em termos de relevância social, o entendimento da evolução humana é essencial para promover a alfabetização científica e combater a desinformação sobre a origem e diversidade da vida na Terra. Melhorar a educação em ciências, especialmente em disciplinas como biologia e antropologia, pode contribuir para o desenvolvimento de uma sociedade mais informada e crítica.

No âmbito teórico, essa pesquisa amplia nosso conhecimento sobre os processos evolutivos que moldaram a diversidade da vida na Terra, incluindo a história evolutiva da espécie humana. Ao integrar tecnologias de impressão 3D ao ensino de evolução humana, também contribuimos para a teoria educacional, explorando novas abordagens para promover a aprendizagem significativa e a construção do conhecimento pelos alunos.

Por fim, do ponto de vista acadêmico, essa pesquisa se alinha com a linha de pesquisa de origem da vida, evolução, ecologia e biodiversidade, fornecendo uma abordagem inovadora para investigar a evolução humana e sua relação com outras formas de vida. Ao desenvolver e avaliar uma sequência didática baseada em metodologias ativas e no uso de tecnologia de impressão 3D, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento em educação científica e pedagógica, especialmente no contexto da biologia evolutiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EVOLUÇÃO HUMANA

A evolução humana é um processo complexo e gradual, marcado por adaptações anatômicas, fisiológicas e comportamentais que se estendem ao longo de milhões de anos. Este processo é compreendido como uma sequência de transformações que levaram do ancestral comum entre os primatas até o surgimento do *Homo sapiens*, o ser humano moderno. Dentre as características que marcaram essa evolução, destacam-se o desenvolvimento do bipedalismo, a habilidade de manipulação de objetos – facilitada pelo polegar opositor – e o aumento da massa encefálica (Santos, 2014).

Os estudos da evolução humana apontam que, há cerca de 6 a 7 milhões de anos, a partir de um ancestral comum aos grandes primatas, surgiram os primeiros hominídeos, no continente africano. Esse ancestral compartilhou características com várias espécies de hominídeos (família *Hominidae*), de onde emergiram várias linhagens evolutivas. Dentre elas, surgiram as primeiras espécies de hominídeos bípedes, como o *Sahelanthropus tchadensis* e o

Orrorin tugenensis, que exibem algumas das primeiras evidências de postura ereta, um marco evolutivo importante que possibilitou a liberação das mãos para a manipulação de objetos e ferramentas. Trata-se de uma observação admirável sobre o surgimento bastante precoce do bipedalismo (Tattersall, 2009; De Waal, 2008).

Espécies mais recentes que as citadas acima, indicam uma diversidade de espécies, por exemplo, dentro do gênero *Australopithecus*, que viveu entre 4 e 2 milhões de anos atrás. O *Australopithecus afarensis*, famoso pelo fóssil conhecido como "Lucy", exibia uma postura mais ereta e era capaz de viver tanto em árvores quanto no solo. Esses hominídeos apresentaram um significativo avanço em sua adaptação ao ambiente terrestre, o que facilitou a exploração de novos habitats e a sobrevivência em ambientes variados (Johanson; Edey, 1981).

Entre 2 e 1,5 milhões de anos atrás, surgiu o gênero *Homo*, ao qual pertencem as espécies consideradas ancestrais diretas do ser humano. O *Homo habilis*, que habitou a África, é associado ao uso das primeiras ferramentas de pedra, uma habilidade que marca um ponto fundamental na evolução humana, refletindo o aumento da capacidade cognitiva e a sofisticação das técnicas de sobrevivência. O *Homo erectus*, uma das espécies mais bem-sucedidas evolutivamente, conseguiu se dispersar para fora da África, ocupando áreas da Ásia e da Europa. Essa espécie demonstrou um controle mais avançado do fogo, além de desenvolver habilidades sociais e culturais que favoreceram a cooperação em grupos (Futuyma, 2002; Leakey; Lewin, 1993).

O *Homo neanderthalensis*, que viveu entre 400 mil e 40 mil anos atrás na Europa e no oeste da Ásia, é uma das espécies de hominídeos mais próximas do ser humano moderno, sendo que estudos de DNA revelam que houve cruzamento entre neandertais e *Homo sapiens*. Os neandertais tinham características físicas adaptadas a climas frios, além de evidências de comportamento complexo, como sepultamentos e uso de adornos, indicando uma cultura simbólica e rudimentar (Páabo, 2014).

Finalmente, o *Homo sapiens*, espécie à qual todos os humanos modernos pertencem, surgiu na África há cerca de 300 mil anos. A evolução da nossa espécie é marcada por um cérebro altamente desenvolvido, capaz de linguagem complexa, abstração e pensamento simbólico, que impulsionou avanços em cultura e tecnologia. Os primeiros *Homo sapiens* migraram da África e se espalharam para outros continentes, eventualmente se tornando a única espécie sobrevivente do gênero *Homo*. Esta disseminação permitiu uma diversidade cultural e adaptativa que moldou as diferentes sociedades humanas ao longo dos milênios (Henke; Tattersall, 2007).

As descobertas da genética moderna complementam o conhecimento da evolução humana, mostrando a continuidade genética e as variações regionais que explicam as diferenças e semelhanças entre as populações atuais. O avanço dos estudos em DNA, especialmente com a descoberta do genoma neandertal, reforçou a ideia de que a evolução humana é um processo dinâmico, com intercâmbios e adaptações constantes (Páabo, 2014). Essa compreensão amplia a visão sobre a diversidade humana e destaca o *Homo sapiens* como uma espécie que se adapta, cria e se transforma continuamente, refletindo uma história evolutiva complexa que nos conecta com os demais seres vivos e o ambiente natural (Futuyma, 2002).

2.2 O ENSINO DE BIOLOGIA NO BRASIL

O ensino de Biologia no Brasil passou por notáveis transformações desde a década de 1950 até os anos 2000. Em 1950, a disciplina era segmentada em Botânica, Zoologia, Petrografia e Paleontologia, com uma abordagem que tratava os organismos de forma isolada e não enfatizava suas relações filogenéticas. A partir da década de 1960, o avanço do conhecimento biológico e a crescente valorização do ensino de ciências impulsionaram mudanças significativas. Com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) em 1961 e o desenvolvimento de novos campos da Biologia, o ensino passou a enfatizar fenômenos comuns a todos os seres vivos e expandiu seu currículo para incorporar áreas como ecologia, genética de populações, genética molecular e bioquímica (Filho; Almeida; Costa, 2021; Krasilchik, 2019).

Essas transformações ocorreram em um cenário de mudanças políticas e sociais, especialmente ao longo das décadas de 1970 a 1990. Durante o período da ditadura militar nos anos 1970, o ensino de Biologia assumiu um caráter tecnicista, caracterizado pela imposição de roteiros e instruções governamentais. Com o declínio do regime militar e a intensificação das demandas populares por democracia, as políticas educacionais começaram a valorizar a compreensão do meio ambiente e da biodiversidade como parte da formação biológica dos estudantes. No entanto, as décadas de 1990 e 2000 trouxeram novos desafios, como a pedagogia de resultados, que enfatizava conteúdos voltados para avaliações, comprometendo, em certos aspectos, o processo de aprendizagem (Krasilchik, 2019).

Atualmente a disciplina de Biologia, inserida na etapa final da Educação Básica – o Ensino Médio –, fundamenta-se nos princípios e finalidades descritos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Art. 35). De acordo com a legislação, o Ensino Médio visa,

em primeiro lugar, consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, criando as condições para o prosseguimento dos estudos em níveis mais avançados. Em segundo lugar, proporciona uma formação básica voltada ao mundo do trabalho, entendendo o trabalho como um princípio educativo essencial e promovendo a formação cidadã do aluno, capacitando-o para enfrentar situações de ocupação e aprimoramento contínuo ao longo da vida. Além disso, a LDB orienta para o desenvolvimento do estudante enquanto pessoa de direitos e ser humano, priorizando sua formação ética e o estímulo à autonomia intelectual e ao pensamento crítico. Por fim, destaca-se a importância de desenvolver uma compreensão sólida dos fundamentos científicos e tecnológicos da sociedade contemporânea, promovendo a articulação entre teoria e prática no processo educativo (Brasil, 2013, p. 39).

Diante desse panorama, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe uma ressignificação dos princípios da LDB, considerando que temas relacionados à Biologia são amplamente divulgados nos meios de comunicação e, conseqüentemente, desafiam o professor a estabelecer conexões entre esses temas, que permeiam o desenvolvimento científico e o cotidiano dos estudantes, e os conceitos fundamentais da disciplina (Brasil, 2018).

O ensino de Biologia precisou ser adaptado para atender às demandas contemporâneas e aos avanços científicos, de modo a ressaltar seu papel não apenas como meio de transmissão de conhecimento, mas também como agente promotor de transformações sociais. Dessa forma, a disciplina evoluiu, integrando inovações científicas com as necessidades de uma sociedade brasileira em constante transformação (Filho; Almeida; Costa, 2021). Como destacam Araújo e Matos (2020), o ensino de Biologia no Ensino Médio assume uma função essencial na formação dos jovens, capacitando-os a enfrentar desafios sociais sem abrir mão de sua individualidade. Além disso, a disciplina busca desenvolver nos estudantes a habilidade de identificar e solucionar problemas, além de apoiar a construção de suas próprias trajetórias pessoais e profissionais.

2.3 O ENSINO DA EVOLUÇÃO HUMANA NO ENSINO BÁSICO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece diretrizes que orientam a construção das competências e habilidades na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio. Segundo o documento, privilegiam-se conhecimentos conceituais que promovem a continuidade das propostas do Ensino Fundamental, sendo estes relevantes para o ensino de Física, Química e Biologia. A BNCC sugere um aprofundamento nas temáticas de

Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo. Esses conhecimentos capacitam os estudantes a investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas de natureza individual, social e ambiental. Isso permite aos alunos reelaborar seus próprios saberes nessas áreas, reconhecendo as potencialidades e limitações inerentes às Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018).

Neste contexto, o presente estudo foca na evolução da vida, especialmente na evolução humana. A evolução é um tema central no currículo das disciplinas de Ciências do Ensino Fundamental e de Biologia no Ensino Médio, conforme registrado em documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (PCNEF), para o Ensino Médio (PCNEM), e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM). Esses documentos orientam e regulamentam a Educação Básica no Brasil.

O ensino da teoria da evolução é fundamental para a formação de uma cidadania informada e consciente, capaz de tomar decisões fundamentadas e de adaptar-se a mudanças. A teoria evolutiva, enriquecida por descobertas ao longo dos últimos 150 anos, oferece explicações sobre a diversidade da vida e representa uma oportunidade significativa para promover análises e reflexões que incentivam o desenvolvimento do pensamento crítico entre os estudantes (Almeida, 2012). A compreensão dos princípios da evolução é essencial para que os alunos adquiram uma visão científica do mundo, reconheçam a diversidade da vida e compreendam os processos responsáveis pela sua origem e desenvolvimento. Além disso, o ensino da evolução contribui para formar cidadãos críticos, aptos a entender e avaliar questões científicas e sociais que envolvem biologia, saúde, meio ambiente e tecnologia (Tonidandel, 2013).

A Evolução é uma área abrangente do conhecimento, que proporciona relevantes informações para a compreensão do mundo, ela não só nos ajuda a entender como os seres vivos se desenvolveram ao longo do tempo, mas também oferece insights profundos sobre a diversidade da vida, as adaptações aos ambientes e até nós mesmos como espécie. É uma ciência que conecta Biologia, História, Geologia e muitas outras disciplinas, proporcionando um panorama rico e complexo das origens e do desenvolvimento da vida na Terra. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de habilidades práticas, como a observação, o registro de dados, a experimentação e a elaboração de conclusões, fundamentais tanto para a prática científica quanto para a vida em sociedade (Lobo; Viana, 2020). A Evolução é uma teoria científica unificadora do conhecimento biológico, defendida por Charles Darwin e Alfred

Wallace, que introduziram duas teses centrais: a descendência modificada dos organismos a partir de ancestrais comuns e o papel central da seleção natural na modificação das espécies. A teoria evolutiva moderna, conhecida como Teoria Sintética da Evolução, baseia-se nas contribuições de Darwin e incorpora conhecimentos de áreas como Genética, Sistemática e Paleontologia. Apesar de amplamente respaldada por evidências científicas, o evolucionismo ainda enfrenta resistência entre o público, embora novas descobertas continuamente reforcem sua validade (Bernardo; Dorvillé, 2012; Coutinho; Santos, 2019).

Diversos desafios comprometem a compreensão e a aceitação da teoria evolutiva no contexto educacional. Um dos principais obstáculos refere-se às concepções equivocadas que professores e alunos frequentemente apresentam em relação aos processos evolutivos, dificultando a assimilação dos conceitos relacionados à evolução. A insuficiência de conhecimento sólido por parte dos docentes sobre temas evolutivos pode criar barreiras conceituais significativas no processo de ensino-aprendizagem (Rodrigues, 2018; Monteiro, 2019). Além disso, a carência de formação específica dos professores em biologia evolutiva contribui para obstáculos epistemológicos na prática pedagógica, afetando diretamente a qualidade do ensino (Lobo; Viana, 2020; Oleques *et al.*, 2011).

De acordo com Meyer; El-Hani, (2005), o ensino de evolução, de forma transversal, articula as diversas áreas das ciências biológicas, possibilitando a compreensão da dinâmica de transformação dos seres vivos ao longo da história da vida na Terra. Em consonância com essa perspectiva, Futuyma (2002) destaca que o aprofundamento nos estudos da Evolução Biológica amplia a compreensão sobre o mundo vivo e sua diversidade, estabelecendo-a como uma teoria unificadora da Biologia, capaz de explicar fenômenos que vão desde os genes até os ecossistemas.

Dessa forma, o ensino da Evolução Biológica não deve ser tratado de forma isolada, mas sim como um tema central que organiza ideias e interliga conhecimentos (Meyer; El-Hani, 2005). Esses conhecimentos influenciam as concepções sobre o ser humano, construídas ao longo do processo de aprendizagem sobre a natureza. Uma abordagem pedagógica que promova o autorreconhecimento do ser humano como componente integrante da natureza pode contribuir para atenuar a visão antropocêntrica (Leão, 2018).

A ética antropocêntrica, particularmente no pensamento de René Descartes, resulta da separação entre razão (sujeito humano) e natureza, levando a uma hierarquia em que o sujeito racional se impõe sobre a natureza. Tal distinção fragmenta o conhecimento da natureza, dividindo e analisando o mundo físico. Pagan, El-Hani e Bizzo (2011) destacam que a

identidade animal humana pode ser compreendida sob duas óticas: uma que confere igualdade aos diversos elementos do planeta e outra que apresenta a relação ser humano-natureza de forma hierárquica. Essa compreensão sobre a identidade animal-humana, quando trabalhada adequadamente, pode favorecer a quebra de preconceitos raciais, promovendo uma maior comunhão entre homem e natureza.

Nesse contexto, é relevante o estudo da evolução biológica humana, que propõe que o ser humano, assim como todos os seres vivos, é parte integrante do ambiente. Neves (2006) afirma que nossa trajetória no planeta é resultado de um longo processo de encadeamento de novidades evolutivas ao longo de cerca de sete milhões de anos. As Orientações Curriculares para o Ensino de Ciências (OCEMs) sublinham que a origem e evolução da vida devem orientar discussões sobre todos os outros tópicos estruturadores da Biologia. Portanto, a Biologia Evolutiva oferece contribuições significativas à sociedade, incluindo áreas como saúde humana, agricultura, conservação ambiental e análise da diversidade humana (Futuyma, 2002).

Apesar da importância do estudo da evolução biológica, esse tema ainda não recebe a atenção necessária no contexto escolar. Futuyma (2002) enfatiza que a formação de professores é um fator crítico, já que mesmo profissionais engajados enfrentam dificuldades em se manter atualizados devido a cargas horárias excessivas. Além disso, a formação acadêmica e a abordagem do tema nas aulas não preparam adequadamente os educadores para reconhecerem a relevância dos conceitos e informações sobre Evolução.

A Teoria da Evolução é, por sua natureza, um assunto controverso, frequentemente percebido como incompatível com crenças religiosas, especialmente em relação à natureza e às origens humanas (Futuyma, 2002). A resistência à ideia de que os seres humanos descendem de primatas foi significativa, com evidências históricas demonstrando a oposição de teólogos, filósofos e cientistas a essa teoria (Neves, 2006).

Essa resistência se reflete na abordagem escolar, que muitas vezes se limita a incluir conteúdos sobre evolução como último tópico do programa, dificultando a sua exploração adequada. Mariz (2014) aponta que a justificativa de "não dá tempo de acabar o programa" é frequentemente utilizada por professores para evitar a abordagem dos conteúdos de evolução.

Portanto, o ensino da Evolução Biológica deve ser cuidadosamente planejado, considerando os aspectos culturais que, muitas vezes, predisõem os estudantes contra a explicação proposta pela teoria da evolução. Estudos indicam que o uso de aulas expositivas e apresentações em PowerPoint podem levar ao aprendizado, contudo, é crucial ultrapassar essas limitações com a utilização de recursos didáticos diversificados e a adoção de uma abordagem

fundamentada na Teoria Sintética da Evolução (Nascimento, 2019).

Outro desafio é a escassez de materiais didáticos adequados para o ensino da evolução. A falta de recursos instrucionais compromete a comunicação efetiva dos conceitos evolutivos e a compreensão dos alunos sobre o tema. Assim, torna-se essencial direcionar investimentos para a produção e disponibilização de materiais didáticos atualizados e relevantes ao ensino da evolução, promovendo uma aprendizagem mais eficiente e significativa dos processos evolutivos (Oliveira; Bizzo, 2017).

2.4 ABORDAGEM DIDÁTICA – O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM BIOLOGIA

De acordo com Mota (2017), diversas iniciativas estão sendo investigadas na área da ciência e biologia com o objetivo de incentivar os alunos a se tornarem protagonistas na construção de seu próprio conhecimento. Essas ações visam aprimorar as práticas pedagógicas e, conseqüentemente, melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

No intuito de aprimorar as metodologias de ensino, a abordagem pedagógica de biologia passou por várias modificações, abrangendo desde seus objetivos até sua implementação, com a integração do conhecimento científico à assimilação dos conteúdos pelos estudantes (Piffero *et al.*, 2015). Vasconcelos e Souto (2006) destacam que, ao ensinar ciências naturais, não se deve privilegiar a simples memorização, mas, sim, criar situações que permitam a construção de uma base cognitiva sólida para os alunos. O ensino de biologia, portanto, deve ser conduzido de forma ética, reflexiva, interdisciplinar e estar alinhado com o contexto em que os estudantes estão inseridos (Bizzo, 2009). Nesse sentido, acredita-se que a aplicação de novas técnicas didáticas pode ser um fator motivador para o interesse dos alunos pelo estudo da biologia (Amabis, 2001).

Nesse sentido, percebe-se que o ensino de biologia deve ser contextualizado e apresentar um caráter investigativo, no qual os alunos tenham a oportunidade de sugerir questionamentos, elaborar explicações e desenvolver um olhar crítico, expondo suas próprias concepções. A contextualização dos conteúdos com a realidade cotidiana dos alunos se configura como uma estratégia importante para a promoção de uma aprendizagem significativa (Duré; Andrade; Abílio, 2018, p. 262).

A construção do conhecimento científico, segundo Sasseron (2015), deve ser fundamentada em princípios de coerência, objetividade, investigação, comprovação e exposição de fatos. A autora ressalta que a aceitação de determinado fato está condicionada às

circunstâncias e que fatores como religiões e seus rituais podem ser considerados nesse processo. Em seus estudos, Sasseron (2015) destaca que a investigação em sala de aula deve proporcionar condições para que os alunos solucionem problemas, a partir da observação e da busca de respostas plausíveis, estabelecendo relações entre variáveis para explicar fenômenos, utilizando o raciocínio hipotético-dedutivo. Como afirma a autora: “O ensino deve ir além, permitindo uma mudança conceitual, o desenvolvimento de ideias, para que os alunos possam chegar a leis e teorias, bem como à construção de modelos” (Sasseron, 2015, p. 58).

O ensino por investigação, conforme Carvalho (2018), é uma estratégia educacional que se aproxima dos métodos científicos, sendo capaz de introduzir os alunos no universo dos cientistas. Segundo o autor, essa abordagem consiste no desenvolvimento de conteúdo de um tema específico em sala de aula, onde o docente cria condições para que os alunos assumam a autonomia em relação às suas próprias ideias. Sasseron (2015), por sua vez, compreende o ensino por investigação como uma abordagem didática, destacando que a atuação do professor é essencial para sua implementação. O educador, ao aplicar esse método, esclarece suas intenções em relação ao aluno, seu papel no processo e seu entendimento sobre os conhecimentos científicos.

No trabalho de Solino, Ferraz e Sasseron (2015), enfatiza-se a relevância de desenvolver atividades investigativas no ensino de ciências, permitindo que os estudantes construam soluções para problemas por meio desse método científico. O ensino por investigação tem ganhado destaque na educação científica, sendo cada vez mais associado à contextualização nas aulas de ciência e biologia. O protagonismo do aluno na aplicação da metodologia científica é o principal objetivo dessa abordagem nas aulas de ciências da natureza (Sasseron, 2015).

De acordo com Santos e Galembeck (2018), essa proposta possibilita que o aluno adote um papel mais ativo e dinâmico no processo educativo. A método investigativo, juntamente com o estudo de situações-problema, ou seja, a problematização, oferece diversas oportunidades para estimular e promover a alfabetização científica, conforme destacado por Lorenzetti e Delizoicov (2001), Chassot (2003) e Sasseron e Carvalho (2011). Andrade (2017) argumenta que a problematização de temas nas aulas de ciências pode tornar o processo de ensino e aprendizagem significativo.

Essa abordagem de investigação e problematização configura-se como um trabalho sistemático, que prioriza os conhecimentos prévios dos alunos, aborda questões significativas em seu cotidiano e promove uma conscientização sobre a construção de seus conhecimentos,

potencialmente provocando uma mudança conceitual. Segundo Lepienski e Pinho (2011), para que essa mudança conceitual ocorra, é essencial que o aluno seja capaz de propor uma explicação e confrontá-la com o conhecimento científico estabelecido, gerando assim um conflito cognitivo.

Conforme Carvalho (2018), a avaliação no contexto desse ensino difere significativamente da abordagem tradicional. É fundamental considerar a habilidade do discente na argumentação, que inclui tanto a capacidade de expressar verbalmente suas ideias quanto a habilidade de contextualizar o tema por meio da leitura e da escrita, em vez de se limitar apenas à avaliação do aprendizado do conteúdo.

2.5 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

No cenário mundial, ao longo dos anos, diversas iniciativas voltadas à melhoria qualitativa das práticas pedagógicas têm sido implementadas, destacando-se o uso de variados instrumentos de planejamento do ensino. Dentre esses, a Sequência Didática emerge como uma ferramenta fundamental para organizar e sistematizar o processo de ensino-aprendizagem, promovendo maior intencionalidade pedagógica e contribuindo para o desenvolvimento de competências específicas nos estudantes (Carneiro et al., 2022).

Zabala (1998) define a sequência didática como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais (...)”. A construção de uma sequência didática (SD) ocorre pela associação e articulação de atividades ao longo do desenvolvimento de um tema específico. Cabral (2017) acrescenta que a SD constitui uma intervenção pedagógica cujas etapas, interligadas como elos de uma corrente, são sequenciais e progressivas, formando uma rede de conhecimentos interconectados. Na elaboração de uma sequência didática, é fundamental que o planejamento inclua atividades que promovam questionamentos, bem como ações e procedimentos mediados pelo professor. Nesse contexto, o uso de ferramentas pedagógicas variadas, como aulas dialógicas e leituras, enriquece o processo de ensino-aprendizagem e favorece o alcance dos objetivos educacionais. Essa metodologia pedagógica facilita a integração dos conteúdos de biologia com o cotidiano do estudante, possibilitando a comparação entre conhecimentos prévios e os adquiridos (Bastos, 2017). De acordo com o mesmo autor, professores têm empregado as sequências didáticas como uma ferramenta que favorece o ensino de Ciências e Biologia, promovendo uma aprendizagem mais contextualizada e significativa.

As sequências didáticas têm proporcionado condições para que os alunos se apropriem das ferramentas culturais características da comunidade científica (Almouloud; Coutinho, 2008). Esse recurso pedagógico estimula a interação entre a pesquisa no ensino de ciências e a prática em sala de aula. As sequências didáticas podem ser definidas como "um conjunto de aulas planejadas e analisadas, com o propósito de observar situações de aprendizagem que envolvem os conceitos propostos pela pesquisa didática" (Motokane, 2015, p. 119).

Coutinho (2020) destaca a importância de que a escola e os processos de ensino promovam novas conexões, facilitando relações significativas entre os estudantes, os objetos de estudo, os fenômenos naturais e tecnológicos, bem como entre esses elementos e o mundo. O enfoque investigativo, incorporado em sequências didáticas, representa uma abordagem metodológica eficaz para aproximar os alunos das aulas de ciências (Santos; Galembeck, 2018). Segundo Carvalho (2013), esse método valoriza estratégias fundamentadas na problematização, na argumentação e na formulação de hipóteses. Além disso, conforme Andrade (2017), o professor pode transcender o papel de fonte de informação, atuando como orientador das ações, incentivando o diálogo e direcionando a investigação, para que o aluno desenvolva autonomia no processo de aprendizagem.

Trivelato e Tonidandel (2015) destacam a necessidade de incluir elementos estruturantes na elaboração de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), que podem ser organizados conforme: (a) a clareza dos objetivos, (b) a dimensão epistemológica, que abrange as atividades de investigação e os modos de construção do conhecimento, e (c) a dimensão ontológica, referente ao status da produção científica. Os autores propõem um modelo para a elaboração de uma SEI, o qual deve incluir: (i) uma questão-problema que permita investigação, (ii) formulação de hipóteses em pequenos grupos de discussão, (iii) construção e registro de dados, (iv) discussão dos dados entre pares e sua consolidação escrita, e (v) formulação de conclusões fundamentadas em argumentos científicos. A prática investigativa deve permitir ao estudante um papel ativo no processo de aprendizagem, promovendo a oportunidade de "argumentar, pensar, agir, interferir, questionar e participar da construção de seu conhecimento" (Azevedo, 2004, p. 25).

Xavier; Guimarães e Falcomer (2016) descrevem o trabalho investigativo em uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) seguindo uma estrutura organizada. O primeiro passo envolve a apresentação de uma situação-problema que os estudantes devem resolver. Em seguida, o professor propõe questionamentos que incentivam o diálogo e permitem aos alunos expor seus conhecimentos prévios sobre o tema. No terceiro passo, os estudantes são motivados

a formular e reformular conceitos até que alcancem uma resolução para o problema. No quarto passo, o professor sugere uma atividade que leva o aluno a observar, registrar e analisar dados, culminando em uma conclusão sobre o conteúdo estudado.

Nessa abordagem pedagógica, tanto o educador quanto o aluno adotam posturas que diferem da sala de aula tradicional. Xavier; Guimarães e Falcomer (2016, p.5) ressaltam que “o educador adota a postura de fomentador da pesquisa, guiando o processo de investigação para chegar ao objetivo por ele estipulado.” Para viabilizar essa transição do conhecimento comum para o conhecimento científico, durante a execução de uma SEI, o professor propõe leituras, pesquisas e intervenções direcionadas.

2.6 MODELOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO

Trabalhar com métodos diferentes pode aproximar os alunos da compreensão científica e conceitual da Biologia Evolutiva. Segundo Olivieri (2012), o uso de recursos didático-pedagógicos ativos valoriza os aspectos psicológicos dos alunos. A participação ativa permite "preencher as lacunas que o ensino tradicional geralmente deixa", promovendo uma exposição diferenciada do conteúdo e tornando os alunos protagonistas do processo de ensino-aprendizagem (Olivieri, 2012, p. 4). Autores como Silva; Martins e Batista (2021), destacam o uso de materiais didáticos, como modelos e jogos, como uma prática educativa que facilita a compreensão de conceitos complexos.

Os modelos didáticos são representações simplificadas de conceitos e processos, úteis para facilitar o aprendizado e promover uma compreensão mais profunda dos conteúdos educacionais. Desde a década de 1950, o uso de modelos ganhou relevância na história das Ciências, destacando-se pela apresentação, em 1953, da estrutura tridimensional da dupla hélice do DNA por Watson e Crick (Justina; Ferla, 2013). Em contexto educacional, o uso de modelos didáticos exige, muitas vezes, apenas materiais simples e recicláveis, representando uma alternativa desafiadora e envolvente para os alunos (Sepel; Loreto, 2007).

Estudos apontam que estudantes no final da educação básica apresentam dificuldades em desenvolver o pensamento biológico, frequentemente pela falta de integração entre conhecimentos prévios e novos conceitos (Pedrancini, 2007). O uso de modelos, segundo Carvalho (2020) e Ronca (1994), possibilita uma aprendizagem significativa, pois conecta teorias à prática e facilita a formação de habilidades e competências. Amorim (2013) enfatiza que intervenções pedagógicas, como jogos e modelos didáticos, contribuem para uma

participação ativa do aluno, complementando o conteúdo dos livros didáticos e reduzindo o enfoque excessivo na memorização.

O professor, nesse contexto, é essencial para integrar recursos didáticos ao espaço e tempo de aula, enfrentando as dificuldades do ensino (Silva; Batista, 2018). Para Moraes e Varella (2007), considerar as necessidades e emoções dos alunos é um fator motivacional fundamental para superar desafios e criar práticas que estreitam a relação entre teoria e prática. Amaral, Vilela e Moraes (2010) veem os modelos didáticos como facilitadores que aproximam os alunos do saber científico, auxiliando no processo de mudança conceitual, onde os conhecimentos prévios do aluno são integrados aos novos conceitos, promovendo uma aprendizagem mais próxima do saber científico.

A modelagem didática, segundo Martinand (1996) é útil para criar uma ponte entre o teórico e o real, essencial em ciências complexas, como a biologia, onde muitos conceitos exigem certa abstração. O uso de modelos tridimensionais e atividades lúdicas pode despertar o interesse dos alunos, tornando a aula mais prazerosa e a aprendizagem mais significativa (Mariz, 2014).

2.7 O USO DA TECNOLOGIA 3D NA EDUCAÇÃO

A tecnologia de impressão 3D consiste na construção de sólidos tridimensionais através de uma técnica de manufatura aditiva, onde a matéria-prima é adicionada camada por camada até a formação completa do objeto. Essa técnica difere dos processos de usinagem, que removem material de um bloco até atingir a forma desejada, proporcionando, assim, uma economia de recursos. A primeira aplicação da impressão 3D remonta a 1981, com Kodama, que desenvolveu um método para criar modelos plásticos usando a solidificação de fotopolímeros por raios UV. Posteriormente, em 1984, Hull patenteou a estereolitografia, impulsionando a popularização dessa tecnologia (Takagaki, 2012).

No contexto educacional, a impressão 3D surge como uma solução para a produção de materiais didáticos, viabilizando atividades experimentais e práticas em sala de aula. Segundo Boris (2002), professores reconhecem que atividades experimentais melhoram o ensino, mas enfrentam desafios como a falta de tempo e recursos para planejar e realizar tais atividades. Nesse cenário, a impressão 3D possibilita que professores, licenciandos e outros profissionais criem e compartilhem modelos educacionais em bibliotecas digitais. Segundo Martin e Bowden (2019) esses repositórios permitem que educadores baixem modelos prontos para impressão,

facilitando a personalização e o acesso a materiais complexos e específicos para o ensino de ciências, matemática e outras áreas.

Além de melhorar o acesso a recursos didáticos, a impressão 3D também atua no desenvolvimento do aprendizado prático dos alunos. Estudos como os de Kostakis, Ninos e Bauwens (2015) demonstraram que o uso da impressão 3D permite aos estudantes desenvolverem habilidades científicas e espaciais ao projetarem e construírem modelos físicos, atividades que estimulam o aprendizado ativo e a construção de conhecimento. O uso de modelos físicos no ensino é particularmente benéfico para alunos com deficiência visual ou baixa visão, pois possibilita a manipulação direta dos objetos para a compreensão de conceitos abstratos, como explica Mariz (2014).

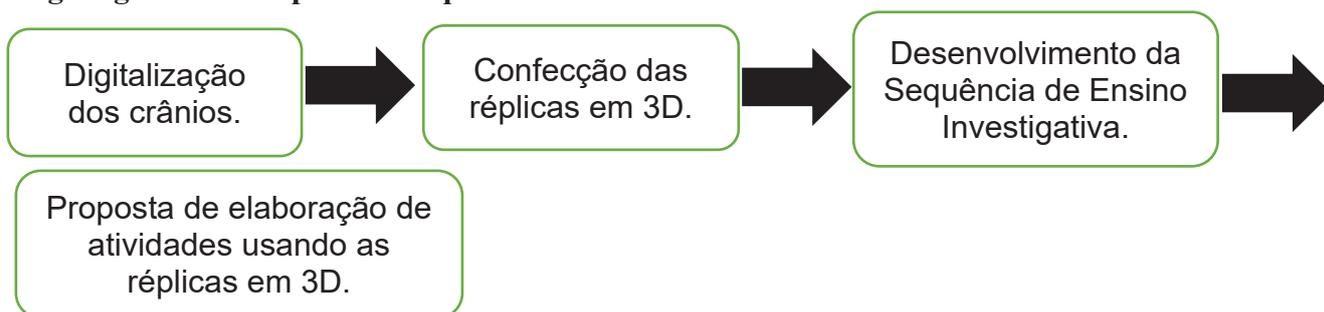
A expansão da impressão 3D reflete as transformações da sociedade na chamada Era da Informação, onde a tecnologia influencia profundamente o modo de vida, incluindo a educação. Martin e Bowden (2019) observa que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) impulsionam mudanças sociais que exigem adaptações constantes nas práticas profissionais, inclusive no ensino. Nesse sentido, a impressão 3D representa uma oportunidade para inovar na educação, oferecendo uma abordagem prática para o ensino de temas complexos que, historicamente, dependiam de simulações virtuais e de modelos físicos caros e de difícil acesso. Portanto, a tecnologia de impressão 3D pode não apenas democratizar o acesso a recursos didáticos avançados, mas também inspirar novas formas de ensinar e aprender em um cenário tecnológico em constante evolução.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O recurso educacional sugerido neste trabalho nasceu da necessidade de preencher algumas das inúmeras lacunas que surgem na disciplina de Biologia na temática Evolução, estudado no terceiro ano de ensino médio e de acordo com a experiência da autora como professora do ensino médio por cerca de 14 anos. Além disso, para a confecção do presente Trabalho de Conclusão do Mestrado (TCM), foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o assunto que norteou a proposta apresentada. Assim, com base na experiência e nas referências consultadas, foi idealizado um recurso didático utilizando a tecnologia 3D juntamente com a confecção de uma sequência didática para quatro semanas de ensino, totalizando oito aulas.

As sequências de ações definidas podem ser resumidas no organograma 1 abaixo em relação as etapas da pesquisa:

Organograma 1. Etapas da Pesquisa



Este estudo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa e exploratória com foco na criação e desenvolvimento de materiais didáticos. A pesquisa teve como objetivo a elaboração de réplicas anatômicas tridimensionais (3D) para o estudo da evolução humana e o desenvolvimento de uma sequência didática associada, na qual essas réplicas são utilizadas para a construção de um cladograma comparativo. Contudo, o estudo não inclui até o momento a aplicação prática do material ou a validação em um ambiente educacional.

A escolha pela pesquisa qualitativa se justifica pela necessidade de aprofundamento teórico e conceitual sobre os conteúdos de evolução humana e métodos ativos no ensino, buscando compreender como esses recursos didáticos podem contribuir para a construção do conhecimento. Segundo Minayo (2012), a análise qualitativa busca compreender, colocando-se no lugar do outro, considerando a singularidade e a subjetividade do indivíduo em seu contexto cultural e histórico coletivo. Compreender envolve lidar com contradições presentes na ação e na linguagem, influenciadas por relações sociais e desigualdades. A interpretação, embora derivada da compreensão, é um processo contínuo e interligado, permitindo apropriar-se do que é entendido. Assim, compreender e interpretar são atos simultâneos que revelam a complexidade das experiências humanas.

A pesquisa exploratória permitiu uma investigação detalhada dos elementos necessários para a criação de materiais inovadores e específicos para o tema, que envolve a observação de características anatômicas e a comparação entre diferentes espécies. De acordo com Piovesan e Temporini (1995), o estudo exploratório é um estudo preliminar que busca compreender melhor um fenômeno, utilizando amostras pequenas e técnicas variadas. Ele ajuda a formular hipóteses, definir o problema de pesquisa e selecionar métodos adequados, além de identificar questões prioritárias e potenciais desafios para investigações mais aprofundadas.

O trabalho envolveu duas etapas principais: (1) escolha, digitalização e impressão das réplicas anatômicas em 3D e (2) elaboração de uma sequência didática voltada ao uso dessas réplicas.

1) **Desenvolvimento das réplicas anatômicas em 3D:** A criação das réplicas 3D baseou-se em modelos anatômicos das seguintes espécies: *Pan troglodytes* (chimpanzé), *Gorilla* sp. (gorila), hominídeos extintos (*Australopithecus afarensis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis*) e *Homo sapiens*. Esses representantes foram escolhidos por sua relevância no entendimento da evolução humana e possibilidade da análise de aspectos anatômicos específicos, como a posição do forame magno, o volume craniano, as características das arcadas dentárias e aspectos de neotenia. As réplicas foram projetadas para facilitar a observação direta e o manuseio em sala de aula, tornando o estudo da evolução mais concreto e acessível aos estudantes.

2) **Elaboração da sequência didática:** A sequência didática foi planejada com base em metodologias ativas, visando incentivar o protagonismo do aluno e a construção colaborativa do conhecimento. A sequência propõe atividades de comparação das réplicas, discussões investigativas e a elaboração de um cladograma, permitindo aos alunos explorar as relações evolutivas e as semelhanças e diferenças anatômicas entre as espécies. Esse planejamento buscou alinhar os objetivos de aprendizagem com práticas pedagógicas interativas, embora ainda não tenha sido aplicada no contexto real de ensino.

Por fim, com base nos dados coletados e analisados, foram desenvolvidos recursos educacionais que visam enriquecer as aulas de Biologia, promovendo uma educação que ajude a avaliar melhor nosso lugar na Terra como uma espécie que, embora não seja especial nem extraordinária (pois obedece às mesmas regras evolutivas de proporcionalidade que se aplicam aos demais primatas), é, sim, notável em suas habilidades cognitivas e tem potencial para mudar o futuro — para o bem e para o mal. É importante destacar que esses materiais didáticos foram elaborados de maneira a integrar teoria e prática utilizando a tecnologia 3D como um recurso pedagógico valioso. E esclarecer que, apesar de a sequência didática e os modelos 3D estarem prontos para a implementação, a presente pesquisa até o momento se limitou ao desenvolvimento teórico e prático desses produtos, sem a execução em sala de aula. Esse enfoque permitiu uma análise detalhada das características dos materiais, constituindo uma base para estudos futuros que poderão investigar sua eficácia pedagógica em contextos reais.

3.1 CONSTRUÇÃO DO RECURSO EDUCACIONAL

Após a contextualização sobre o ensino de evolução humana na educação e a reflexão sobre as práticas pedagógicas com tecnologias aplicadas ao ensino investigativo, iniciou-se o planejamento e desenvolvimento de um produto educacional inovador (APÊNDICE 1). Este

produto foi idealizado com o objetivo de criar modelos didáticos tridimensionais e uma sequência didática investigativa para o ensino da Evolução Humana (APÊNDICE 2), ressaltando a relevância do tema para a compreensão científica. A concepção desse material didático foi motivada por diversos fatores: a experiência acumulada pela autora ao longo de sua trajetória docente, a introdução de laboratórios equipados com impressoras 3D em escolas de Santa Catarina, as dificuldades comuns no ensino de evolução no nível médio e o aprofundamento nas práticas investigativas obtido durante as aulas do mestrado do PROFBIO, que ampliou a visão sobre métodos ativos e experimentais de ensino.

Inicialmente, foi realizada a seleção das espécies cujos crânios seriam utilizados como modelos para a produção de réplicas em 3D, com o intuito de representar uma linha evolutiva diversificada e informativa. As espécies escolhidas foram: Gorila (*Gorilla* sp.), Chimpanzé (adulto e neonato) *Pan troglodytes*, hominídeos extintos (*Australopithecus afarensis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis*) e *Homo sapiens*. Para garantir a precisão anatômica dos modelos, os crânios originais foram gentilmente cedidos pelo Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para digitalização. Este processo envolveu o uso de scanners tridimensionais que converteram os modelos físicos em arquivos digitais prontos para a impressão em 3D, garantindo a fidelidade das estruturas anatômicas.

Embora a maioria dos crânios tenha sido digitalizada diretamente a partir dos modelos originais cedidos pelo Museu de Ciências Naturais da UFPR, dois modelos precisaram ser obtidos de repositórios científicos online. Isso ocorreu porque os arquivos digitais gerados a partir dos crânios originais apresentaram limitações técnicas que impediram a impressão em 3D com qualidade adequada. Para garantir a precisão anatômica, foram selecionados modelos de fontes confiáveis, já validados por especialistas, e que estavam disponíveis gratuitamente para impressão, respeitando as diretrizes de uso e compartilhamento estabelecidas pelos autores.

A impressão dos modelos foi realizada no laboratório da Escola de Educação Básica Professor Balduino Cardoso, localizada no Município de Porto União, Estado de Santa Catarina, onde a autora atua como docente, permitindo maior autonomia no controle do processo e na otimização do tempo para a conclusão do trabalho. Cada réplica exigiu entre 24 a 58 horas de impressão, dependendo do nível de detalhe de cada crânio.

Os modelos a serem utilizados nesse trabalho foram produzidos em formato digital (STL) e impressos em impressora 3D utilizando material PLA (ácido polilático), ecológico e de

baixo custo. Segundo Park e Chen (2021), este processo não apenas preserva a estrutura do fóssil original, mas também permite que as réplicas sejam manipuladas por estudantes, promovendo uma experiência prática e imersiva.

3.2 ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática (APÊNDICE 2) compreende oito aulas de 50 minutos cada e foi construída no segundo semestre de 2024. A elaboração do material baseou-se em diferentes estratégias didáticas, com conteúdos de natureza conceitual, procedimental e atitudinal, de modo a proporcionar uma abordagem pedagógica completa e equilibrada.

A fundamentação teórica da sequência didática apoia-se na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que valoriza os conhecimentos prévios dos alunos e promove a (re)construção de novos significados a partir dessas bases cognitivas. Assim, o planejamento foi elaborado com vistas a integrar os conhecimentos dos estudantes em uma relação ativa e contínua de construção, conforme preconiza a teoria de Ausubel.

“A aprendizagem por recepção significativa é, por inerência, um processo ativo, pois exige, no mínimo: (1) o tipo de análise cognitiva necessária para se averiguarem quais são os aspectos da estrutura cognitiva existente mais relevantes para o novo material potencialmente significativo; (2) algum grau de reconciliação com as ideias existentes na estrutura cognitiva – ou seja, apreensão de semelhanças e de diferenças e resolução de contradições reais ou aparentes entre conceitos e proposições novos e já enraizados; e (3) reformulação do material de aprendizagem em termos dos antecedentes intelectuais idiossincráticos e do vocabulário do aprendiz em particular.” (Ausubel, 2003, p. 6)

Nesse sentido, os PCN's que servem de orientação sobre o ensino de Ciências Naturais, destacam:

Os alunos desenvolvem fora da escola uma série de explicações acerca dos fenômenos naturais e dos produtos tecnológicos, que podem ter uma lógica interna diferente da lógica das Ciências Naturais, embora às vezes a ela se assemelhe. De alguma forma essas explicações satisfazem as curiosidades dos alunos e fornecem respostas às suas indagações. São elas o ponto de partida para o trabalho de construção e da compreensão, que na escola se desenvolve. (Brasil, 1997, p.77)

A criação desta sequência didática responde à necessidade de inovar nas práticas pedagógicas por meio de métodos ativos, especialmente o ensino investigativo, conforme explorado ao longo das aulas do PROFBIO. Dessa forma, a sequência proposta emprega métodos de investigação, nas quais os estudantes assumem um papel de protagonismo em seu processo de aprendizagem, alinhado às demandas contemporâneas por uma educação dinâmica

e contextualizada. Além disso, considerou-se o tempo disponível para o estudo de Evolução Humana no Ensino Médio, visando ao aproveitamento eficiente e profundo do conteúdo.

A elaboração da sequência ocorreu em colaboração entre a professora orientadora e a professora mestrande, com a incorporação de adaptações de outras fontes investigativas relevantes, cujas referências são detalhadas ao longo do trabalho. Foram organizadas diversas situações de aprendizagem, tais como:

i) Uso de vídeos: Incluindo documentários e animações, que promovam um aprendizado visual e contextualizado.

ii) Protagonismo nas atividades práticas para que os estudantes sejam incentivados a explorar o procedimento experimental e suas implicações, o que contribui para a autonomia e senso crítico.

iii) Integração de réplicas de crânios em aulas múltiplas: As réplicas foram usadas em diferentes momentos da sequência para reforçar a fixação dos conceitos estudados.

A sequência didática proposta, adota o conceito de Zabala (1998), que a define como um conjunto de atividades ordenadas e articuladas para alcançar objetivos educacionais previamente conhecidos pelo professor e pelos alunos. De acordo com Cerqueira (2017), o uso de SDs é coerente com os pilares da UNESCO para a Educação: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver e aprender a ser.

Dessa forma, a SD desenvolvida neste trabalho abrange conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. A abordagem metodológica seguiu uma linha qualitativa, orientada pelos métodos de análise de conteúdo de Bardin (1977) e dos teóricos Ludke e André (1986), além de Bogdan e Biklen (1994), que sustentam a interpretação e discussão dos dados.

Para promover uma aprendizagem significativa, analisaram-se as relações entre os objetivos da atividade e as possíveis motivações dos alunos. Essa relação intrínseca é essencial para o engajamento autêntico dos estudantes. A descrição detalhada de cada etapa da sequência didática está no Quadro I, facilitando uma compreensão ampla da proposta educacional desenvolvida.

QUADRO 1: DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

SITUAÇÕES DE ENSINO	DESCRIÇÃO
DESCOBRINDO A EVOLUÇÃO Tempo: 3 aulas	As atividades propostas nesse tema possibilitam explorar as concepções prévias dos alunos sobre evolução biológica e a origem humana. Por meio de atividades lúdicas, os estudantes terão a oportunidade de compreender o processo evolutivo, reconhecer-se como parte do ambiente

	e perceber que, assim como outros seres vivos, também estão sujeitos a fatores ambientais. Além disso, essas ações contribuem para desmistificar conceitos equivocados sobre a evolução humana.
CONHECENDO NOSSOS ANTEPASSADOS. Tempo: 4 aulas.	As atividades deste bloco abordam a compreensão do processo evolutivo da espécie humana e seus desdobramentos, destacando as evidências da evolução e apresentando algumas espécies de hominíneos. Nesta fase se utiliza do produto em 3D para o teor científico investigativo.
CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS Tempo: 1 aula	A proposta desta aula possibilita observar o uso de vocabulário científico pelos alunos após a intervenção didática.

FONTE: A Autora (2024).

O tema Evolução Humana foi abordado neste estudo com o objetivo de proporcionar uma compreensão de que o ser humano também faz parte da dinâmica do ambiente. Além disso, busca-se reforçar o papel da escola como uma instituição que valoriza o conhecimento científico, ao mesmo tempo em que respeita os pressupostos culturais trazidos pelos estudantes, promovendo a integração entre ciência e cultura no processo educativo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESCOLHA, DIGITALIZAÇÃO E CONFECÇÃO DAS RÉPLICAS 3D

Na primeira fase foi realizada a seleção das espécies para digitalização e posterior impressão das réplicas, com o objetivo de quais seriam mais adequadas para serem utilizadas no ensino de evolução humana proporcionando um viés investigativo aos estudantes. Para este estudo foram escolhidas seis espécies sendo, *Pan troglodytes* (chimpanzé), *Gorilla* sp. (gorila), hominídeos extintos (*Australopithecus afarensis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis*) e *Homo sapiens*.

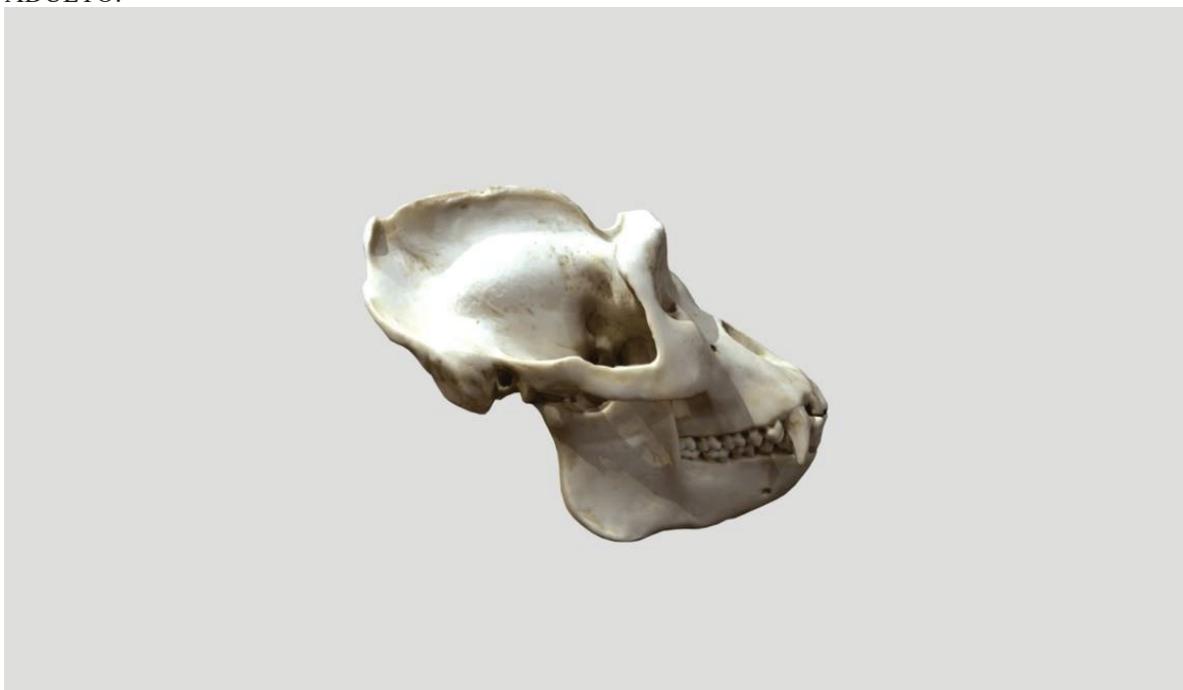
Escolhemos o *Gorilla* sp. e o *Pan troglodytes* como representantes de um primata mais próximo da espécie humana. Fora do gênero *Homo*, o *Australopithecus afarensis* destaca-se por sua importância na compreensão das fases iniciais da evolução humana, situando-se entre os primatas mais antigos e as primeiras espécies do gênero *Homo*. O *Homo erectus* e *Homo neanderthalensis* ilustram espécies “intermediárias” na evolução humana e o *Homo sapiens* representa a anatomia atual.

A escolha baseou-se em critérios como acessibilidade, importância evolutiva e diversidade anatômica. Pesquisas sugerem que o uso de modelos comparativos ajuda os alunos a construir relações filogenéticas e a interpretar características compartilhadas e derivadas, reforçando conceitos de ancestralidade e adaptação (Smith; Clark, 2018).

A digitalização dos fósseis foi realizada no Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), utilizando-se scanner para a criação dos modelos tridimensionais, permitindo a reprodução de detalhes anatômicos essenciais, como suturas cranianas e arcada dentária.

A FIGURA 1 mostra imagem em 3D do crânio de um gorila macho adulto. Pode-se notar estruturas anatômicas como a crista sagital no alto da cabeça, os grandes dentes caninos e o amplo espaço entre o arco zigomático e o osso temporal, voltadas para uma mastigação possante. Se comparada à imagem em 3D do crânio de um humano atual (FIGURA 7), observa-se diferenças as quais refletem adaptações evolutivas distintas relacionadas à locomoção, dieta e funções cognitivas.

FIGURA 1: IMAGEM 3D EM VISTA LATERAL DIREITA DO CRÂNIO DE UM GORILA MACHO ADULTO.



FONTE: Museu de Ciências Naturais do setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (2024).

Os humanos possuem uma capacidade craniana significativamente maior, com média de aproximadamente 1.400 cm³, enquanto os gorilas apresentam cerca de 500 cm³. Essa diferença está associada ao desenvolvimento avançado do neocórtex nos humanos, responsável

por funções complexas como linguagem e pensamento abstrato. Além disso, o crânio humano é mais arredondado, contrastando com o crânio mais alongado dos gorilas (Mitteroecker et.al, 2004).

Gorilas exibem um prognatismo facial acentuado, onde a mandíbula e o maxilar projetam-se além da linha do crânio, refletindo uma adaptação para processar vegetação fibrosa. Em contraste, humanos possuem faces mais ortognáticas, com mandíbulas menos proeminentes, alinhadas verticalmente ao crânio, adaptadas a uma dieta diversificada e ao desenvolvimento da fala (Santos, 2014).

Nos gorilas, a presença de uma crista sagital proeminente no topo do crânio serve como ponto de inserção para músculos mastigatórios robustos, necessários para triturar alimentos duros. Essa estrutura é ausente em humanos modernos, que possuem musculatura mastigatória menos desenvolvida devido a uma dieta menos exigente em termos de mastigação (Bernardo, 2012).

Gorilas apresentam arcos supraorbitais (projeções ósseas sobre as aberturas orbitais) proeminentes, que reforçam a estrutura facial e protegem os olhos. Nos humanos, essas estruturas são menos pronunciadas, refletindo diferenças na estrutura facial e funções sensoriais (Santos, 2014).

A posição do forame magno, abertura na base do crânio por onde passa a medula espinhal, difere entre as espécies. Nos humanos, está localizado mais centralmente na base do crânio, possibilitando a postura ereta e a locomoção bípede. Em gorilas, situa-se mais posteriormente, alinhado com sua postura quadrúpede (Carneiro, 2004).

A inclusão dos crânios de chimpanzés, neonato (FIGURA 2) e adulto (FIGURA 3), no estudo visa evidenciar as semelhanças da forma entre os crânios de chimpanzés jovens e humanos, proporcionando uma maior compreensão da evolução craniana e do desenvolvimento humano. As semelhanças entre crânios de chimpanzés neonatos e humanos podem ser observadas nas formas e proporções cranianas e desenvolvimento dentário. Essas semelhanças indicam que durante o desenvolvimento inicial, tanto chimpanzés quanto humanos compartilham características cranianas comuns, refletindo um padrão de crescimento que diverge à medida que cada espécie atinge a maturidade (Bernardo, 2012).

FIGURA 2: VISTA LATERO-DORSAL ESQUERDA DO CRÂNIO DE UM CHIMPANZÉ NEONATO. IMAGEM EM 3D



FONTE: Museu de Ciências Naturais do setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (2024).

Os crânios de chimpanzés jovens apresentam uma face mais plana e uma caixa craniana relativamente maior em relação ao tamanho da face, características que se assemelham às encontradas em crânios humanos adultos (Carneiro, 2004).

Durante a fase juvenil, os chimpanzés possuem uma forma craniana mais arredondada, semelhante à dos humanos, diferindo do crânio alongado observado em chimpanzés adultos. O ritmo de desenvolvimento dentário em chimpanzés jovens é comparável ao dos humanos, sugerindo padrões de crescimento craniofacial semelhantes durante as fases iniciais de vida (Bernardo, 2012).

A inclusão de crânios de chimpanzés adultos no estudo permite aos estudantes observar as mudanças que ocorrem durante o desenvolvimento dos chimpanzés e comparar essas transformações com o desenvolvimento humano. Essa comparação destaca as trajetórias evolutivas distintas que cada espécie seguiu após a divergência de um ancestral comum. Em um chimpanzé adulto, observa-se a maxila e mandíbula prognática, mostrando uma diferença importante em relação aos humanos que têm a face achatada (Santos, 2014).

FIGURA 3: VISTA LATERAL ESQUERDA DO CRÂNIO DE UM CHIMPANZÉ ADULTO, IMAGEM EM 3D.



FONTE: Museu de Ciências Naturais do setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (2024).

A análise comparativa dos crânios de chimpanzés em diferentes estágios de desenvolvimento com os crânios humanos enriquece o entendimento sobre a evolução humana, especialmente no que diz respeito às mudanças na forma e aos processos de desenvolvimento que ocorreram ao longo da ontogenia. Podemos observar que a maxila dos seres humanos (FIGURA 7) é bem achatada quando comparada com a dos chimpanzés adultos (FIGURA 3).

O *Australopithecus afarensis* desempenha um papel importante na compreensão da evolução humana, pois é uma das espécies de homínídeos mais bem documentadas e estudadas. Em relação ao crânio (FIGURA 4) apresenta diferenças significativas em comparação ao crânio do *Homo sapiens*, refletindo adaptações evolutivas distintas. Uma das principais diferenças está no tamanho do cérebro, enquanto o volume craniano do *A. afarensis* variava entre 385 e 550 cm³ o do *Homo sapiens* apresenta de 1.300 a 1.500 cm³, evidenciando um aumento expressivo na capacidade cerebral ao longo da evolução (Santos, 2014).

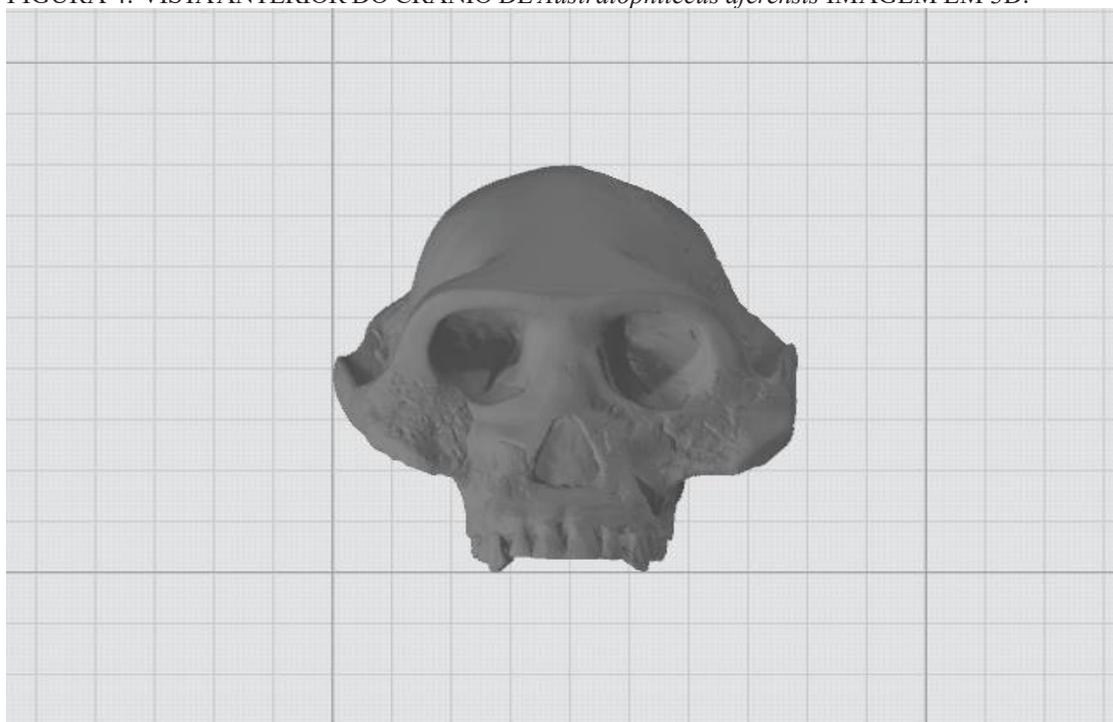
Outra diferença marcante é o formato do crânio. O crânio do *Australopithecus afarensis* mais alongado e achatado, com uma caixa craniana baixa e uma grande protuberância na região occipital, enquanto o crânio humano moderno é mais globular, com um espaço maior para o neocórtex, responsável por funções cognitivas avançadas (Lieberman, 2007).

A projeção facial e mandibular, ou prognatismo, é outra característica distinta. No *Australopithecus afarensis*, a face era mais proeminente e inclinada para frente, semelhante à dos grandes primatas atuais, como os chimpanzés (*Pan troglodytes*). Já no *Homo sapiens*, a

face é mais verticalizada e retraída, o que contribui para a modificação da cavidade oral e da faringe, facilitando a produção da fala (Pacheco; Oliveira, 1997).

O posicionamento do forame magno, abertura na base do crânio por onde passa a medula espinhal no *Australopithecus afarensis*, já se encontrava em uma posição mais centralizada, indicando adaptação ao bipedalismo, mas ainda mais posterior em comparação ao *Homo sapiens*, cujo forame magno está mais avançado para permitir uma postura completamente ereta (Foley, 2003).

FIGURA 4: VISTA ANTERIOR DO CRANIO DE *Australopithecus afarensis* IMAGEM EM 3D.



FONTE: *Australopithecus afarensis* (Lucy; crâne seul) - Download Free 3D model por Service de biologie du comportement (ULiège) (@BiologieComportementULiege) [ca6c396] (2022).

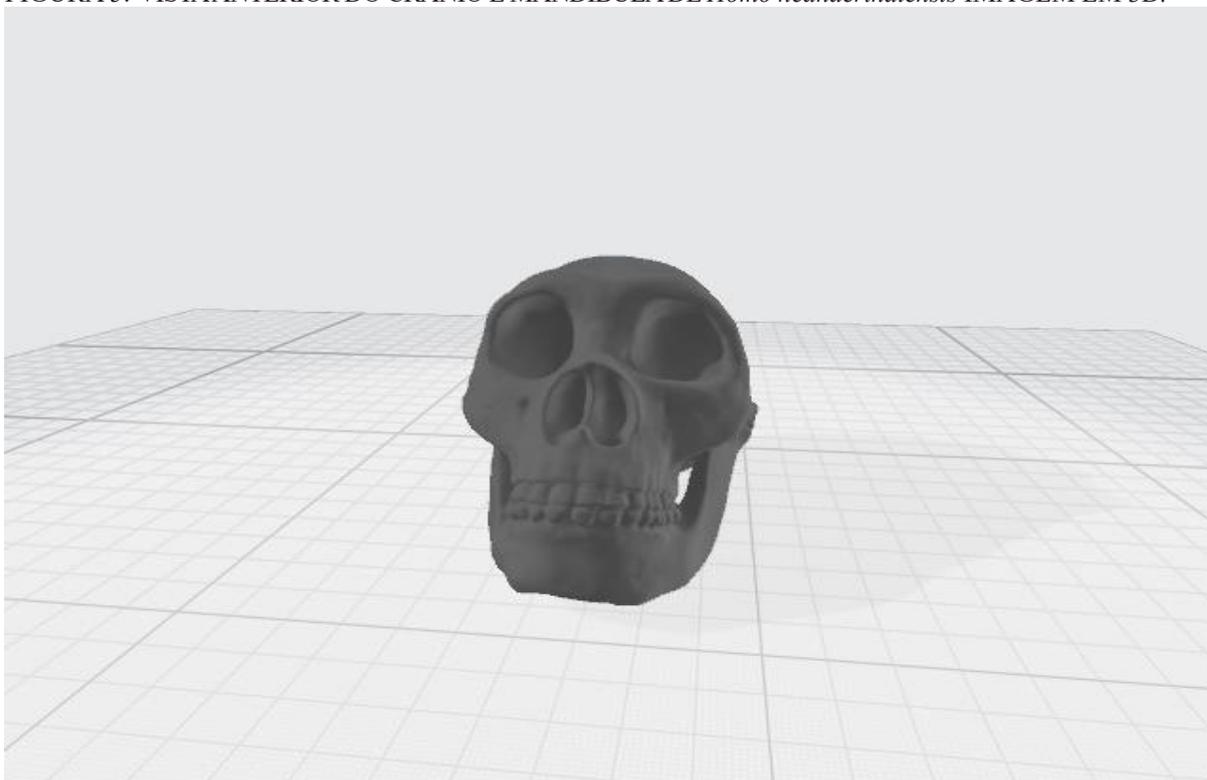
A FIGURA 5 representa a imagem do crânio em 3D do *Homo neanderthalensis*. Em relação ao crânio, os neandertais apresentavam diferenças notáveis em relação ao dos humanos modernos. Primeiramente, o volume craniano médio dos neandertais era ligeiramente maior, variando entre 1.200 e 1.750 cm³, enquanto o do *Homo sapiens* varia entre 1.300 e 1.500 cm³ (Branco, 2004). No entanto, essa diferença não implica necessariamente maior capacidade cognitiva, pois a organização cerebral do *Homo sapiens*, como se sabe, favoreceu funções mais complexas, como a comunicação simbólica e o pensamento abstrato.

O crânio dos neandertais era mais alongado e baixo, com uma característica protuberância occipital chamada de "búnquer occipital", que auxiliava no equilíbrio da cabeça (Futuyma, 2002). Em contraste, os humanos modernos possuem um crânio mais arredondado e

globular, o que tem sido associado a uma reorganização do cérebro, especialmente nas áreas relacionadas à cognição social e ao processamento linguístico (Branco, 2004).

A face dos neandertais era mais projetada para frente (prognatismo), com uma abertura nasal larga e grande, uma adaptação ao clima frio, pois ajudava a umidificar e aquecer o ar antes que ele chegasse aos pulmões (Meyer; El-Hani, 2005). Além disso, um aspecto marcante dos neandertais é a presença de arcos supraciliares, maiores do que nos humanos modernos. Essa característica pode estar relacionada à estrutura muscular da face ou a fatores evolutivos de comunicação visual (Meyer; El-Hani, 2005). Essas características distinguem os neandertais dos *Homo sapiens*, que possuem uma face mais verticalizada e retraída, o que se acredita ser uma característica evolutiva ligada à modificação da faringe, facilitando a produção da fala complexa.

FIGURA 5: VISTA ANTERIOR DO CRÂNIO E MANDÍBULA DE *Homo neanderthalensis* IMAGEM EM 3D.



FONTE: Museu de Ciências Naturais do setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (2024).

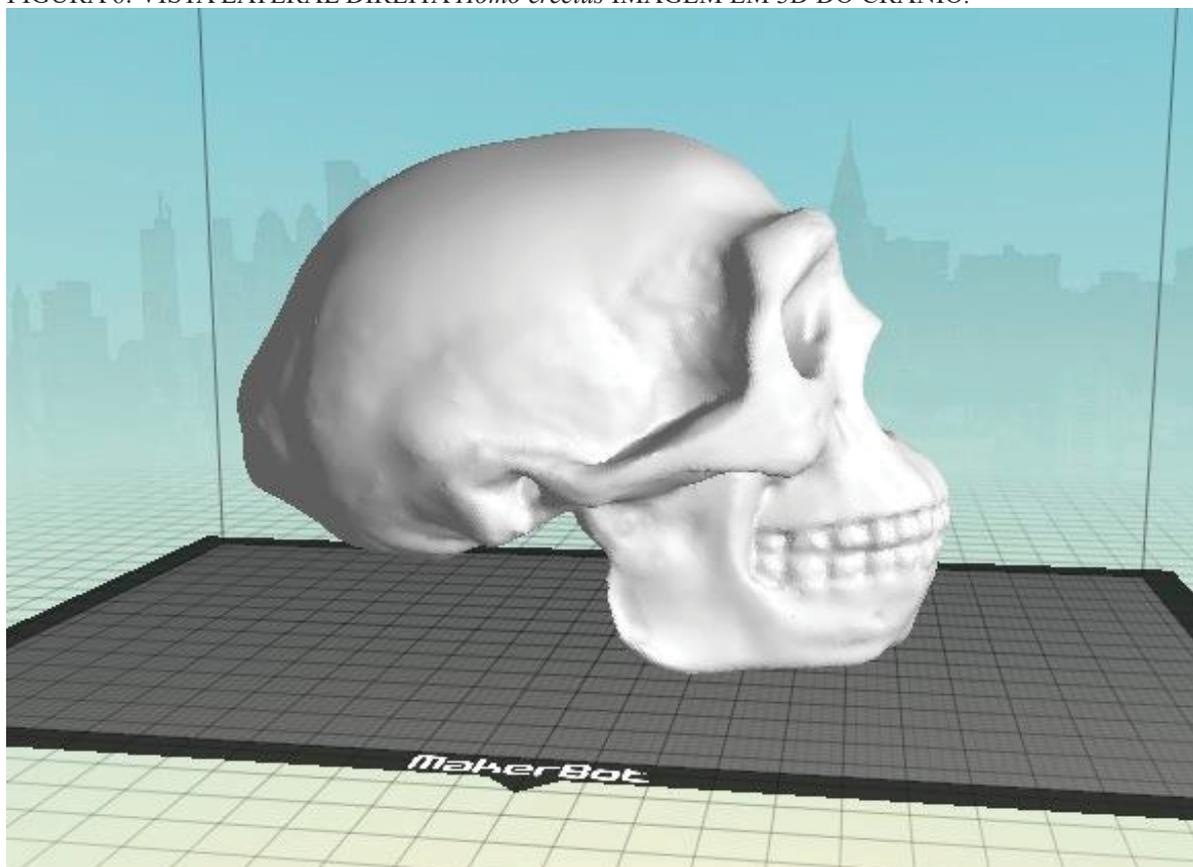
Por fim, o posicionamento do forame magno nos neandertais era similar ao dos humanos modernos, refletindo uma postura bípede eficiente. No entanto, algumas diferenças sutis na base do crânio sugerem variações na forma como o crânio e a coluna vertebral se articulavam, o que pode ter influenciado aspectos da locomoção e postura da espécie (Meyer; El-Hani, 2005).

O *Homo erectus* (cerca de 1,8 milhão a 110 mil anos atrás) é espécie ancestral mais longeva e que apresenta proporções corpóreas semelhantes aos humanos atuais. O uso do fogo,

inovações tecnológicas e comportamentais são associadas a essa espécie (Groeneveld, 2017). Ademais, foi a primeira a se dispersar amplamente fora da África, ocupando regiões da Ásia e da Europa, e é frequentemente associada ao uso controlado do fogo e à produção de ferramentas mais avançadas (Branco, 2004).

A FIGURA 6 representa o crânio e mandíbula de *Homo erectus* em imagem 3D, podendo-se notar diferenças estruturais em relação ao *Homo sapiens*, refletindo adaptações específicas ao seu ambiente e modo de vida. Observa-se o prognatismo reduzido em comparação com seus antecessores, como o *Australopithecus afarensis*, indicando um avanço na morfologia craniana em direção ao padrão humano moderno (Branco, 2004).

FIGURA 6: VISTA LATERAL DIREITA *Homo erectus* IMAGEM EM 3D DO CRÂNIO.



FONTE: Museu Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (2024).

Em comparação com os humanos modernos, o crânio do *Homo erectus* era mais alongado e baixo, com um volume craniano variando entre 600 e 1.100 cm³, significativamente menor do que a média observada nos humanos atuais (Soares, 1990).

Uma característica marcante do *Homo erectus* era a presença de arcos supraciliares bem desenvolvidos e uma testa (região frontal) recuada, contrastando com a testa vertical e mais elevada dos *Homo sapiens*. Além disso, o crânio apresentava uma base mais larga e um

toro occipital proeminente, sugerindo diferenças no desenvolvimento da musculatura cervical e na organização do cérebro. A face do *H. erectus* era mais robusta e projetada do que a do *H. sapiens*, refletindo uma adaptação ao consumo de alimentos mais duros e fibrosos antes da generalização do uso do fogo para cozinhar alimentos (Soares, 1990).

O forame magno, ponto de conexão entre o crânio e a coluna vertebral, estava bem posicionado para uma postura bípede eficiente, reforçando a capacidade dessa espécie de percorrer longas distâncias, possivelmente adotando estratégias de caça persistente (Scott, 2004).

O *Homo sapiens* é a única espécie de homínídeo vivente e se distingue de seus predecessores por uma série de características anatômicas, comportamentais e cognitivas. Surgido há aproximadamente 300 mil anos na África, o *Homo sapiens* desenvolveu habilidades linguísticas complexas, cultura simbólica e uma capacidade sofisticada de adaptação tecnológica e social (Tattersall, 2009).

A expansão craniana do crânio do *Homo sapiens* está associada a um desenvolvimento avançado do córtex cerebral, especialmente do lobo frontal, que é fundamental para funções cognitivas superiores, como raciocínio abstrato, planejamento e linguagem (Scott, 2004).

Uma das principais diferenças do crânio humano moderno em relação a seus antecessores é sua forma esférica (FIGURA 7), contrastando com o formato mais alongado e achatado do *Homo erectus* e do *Homo neanderthalensis* (Tattersall, 2009).

Esse formato esférico indica mudanças no desenvolvimento do cérebro e na organização interna do crânio, permitindo uma maior capacidade de processamento neural (Mitteroecker, et al., 2004). São também características notáveis a fronte alta e vertical, arcos supraciliares reduzidos, face retraída e mandíbula reduzida, queixo proeminente.

Ao contrário dos *Homo de neandertalensis* o *Homo erectus* a testa era mais inclinada para posteriormente, os humanos modernos possuem uma testa verticalizada ou proeminente, associada ao aumento do volume encefálico frontal. Diferente do que ocorre no *Homo erectus* e no *Homo neanderthalensis*, que apresentavam arcos supraciliares proeminentes, o *Homo sapiens* possui uma região supra orbital menos salientes (Groeneveld, 2017).

FIGURA 7: VISTA ANTERIOR DO CRÂNIO E MANDIBULA DE *Homo sapiens*.

FONTE: Newey, H (2018).

O rosto do *Homo sapiens* é menos projetado, com uma face mais plana e uma mandíbula menor, diferindo do prognatismo acentuado dos neandertais e do *Homo erectus*. Essa redução está associada a mudanças alimentares e ao desenvolvimento da linguagem falada (Lieberman, 2007).

Após a digitalização foi realizada a impressão desses modelos e alguns desafios aconteceram nessa fase, na hora da impressão devido a algumas falhas na digitalização e, algumas réplicas precisaram ser impressas em uma resolução menor e algumas necessitaram de pós-processamento digital. A impressão dos modelos tridimensionais variou significativamente em tempo devido às diferenças de tamanho e complexidade anatômica de cada crânio.

O crânio do gorila macho adulto (FIGURA 8) por exemplo, foi o primeiro a ser impresso, levando 52 horas. Esse tempo de duração deveu-se ao tamanho da réplica

(aproximadamente 30 cm), preenchimento de 40% e a impressão com camadas mais finas para garantir qualidade dos detalhes.

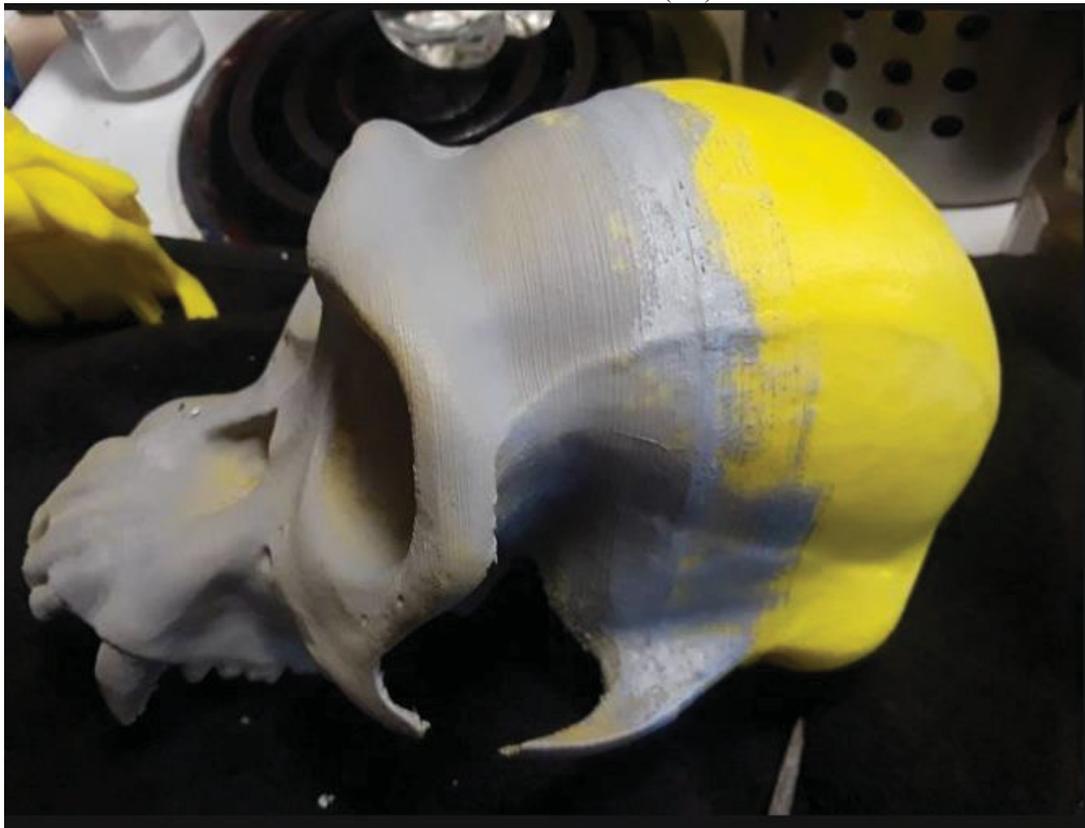
FIGURA 8: VISTA LATERAL ESQUERDA DO CRÂNIO E MANDÍBULA DA RÉPLICA TRIDIMENSIONAL (3D) DE GORILA.



FONTE: A autora (2024).

Já o crânio do chimpanzé adulto (FIGURA 9), exigiu um total de 40 horas para ser impresso, enquanto o do chimpanzé bebê (FIGURA 10), por apresentar dimensões reduzidas, foi finalizado em aproximadamente 15 horas.

FIGURA 9: RÉPLICA ANATÔMICA TRIDIMENSIONAL (3D) CHIMPANZÉ ADULTO.



FONTE: A autora (2024).

FIGURA 10: RÉPLICA ANATÔMICA TRIDIMENSIONAL (3D) CHIMPANZÉ BEBÊ.



FONTE: A autora (2024).

O modelo de *Australopithecus afarensis* (FIGURA 11) demandou um tempo intermediário de 36 horas, refletindo a complexidade das estruturas anatômicas preservadas. Assim o tempo de impressão foi influenciado por fatores como resolução do arquivo digital, densidade do material utilizado e ajustes técnicos necessários para garantir a fidelidade das características morfológicas do original.

FIGURA 11: RÉPLICA ANATÔMICA TRIDIMENSIONAL (3D) *Australopithecus afarensis*.



FONTE: A autora (2024).

A tecnologia 3D tem se consolidado como uma ferramenta emergente no campo educacional, especialmente em áreas como ciências, tecnologia, engenharia e matemática. Sua capacidade de materializar conceitos abstratos em modelos tridimensionais palpáveis transforma significativamente a forma como os alunos interagem com o conhecimento, promovendo aprendizagens mais significativas (Campbell et al, 2011).

O uso desta tecnologia no ensino de Biologia, particularmente no estudo da evolução humana, tem respaldo significativo na literatura que explora tecnologias inovadoras em contextos educacionais. Segundo Martinho e Andrade (2019), essa tecnologia facilita a visualização de conceitos tridimensionais complexos, como os crânios, promovendo um aprendizado mais interativo. A manipulação de modelos tridimensionais permite que os alunos compreendam diferenças anatômicas e dinâmicas evolutivas de forma prática, superando as limitações da teoria.

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por Ausubel (2003), enfatiza a

importância de conectar novos conteúdos com conhecimentos previamente adquiridos. Nesse sentido, modelos 3D oferecem uma oportunidade única ao transformar conceitos abstratos em objetos concretos, facilitando a assimilação de informações complexas. Estudos, como o de Andic *et.al* (2022), demonstram que estudantes expostos a modelos tridimensionais em aulas de ciências apresentaram uma melhora de até 25% na compreensão de estruturas biológicas, como órgãos ou fósseis, em comparação com métodos tradicionais, como ilustrações bidimensionais.

O uso da tecnologia 3D no ambiente escolar também fomenta o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como o pensamento crítico e a resolução de problemas (Carvalho, 2020). Dewey (1916) defende que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando os alunos estão engajados em atividades que exigem exploração, criação e reflexão. Com a tecnologia 3D, os alunos não apenas consomem informações, mas também projetam, testam e ajustam seus modelos, desenvolvendo competências ligadas à investigação e ao design (Kostakis, Ninos; Bauwens, 2015).

Um estudo conduzido por Trust e Maloy (2021) observou que estudantes do ensino médio que participaram de projetos envolvendo design e tecnologia 3D mostraram um aumento significativo nas habilidades de resolução de problemas e colaboração em comparação com grupos que realizaram atividades tradicionais. Isso evidencia como a ferramenta pode ser integrada às metodologias ativas para promover aprendizagens mais autônomas e investigativas.

Modelos 3D também demonstram potencial inclusivo ao oferecer suporte visual e tátil para alunos com deficiências. Segundo a pesquisa de Cook e Riedel (2019), a criação de materiais táteis, como mapas em relevo ou réplicas anatômicas, auxilia estudantes com deficiência visual a compreender conceitos espaciais e anatômicos que seriam inacessíveis por meios convencionais. Essa abordagem dialoga com a perspectiva inclusiva de Vygotsky (1978), que defende a mediação pedagógica adaptada às necessidades de cada aluno, promovendo o acesso universal ao conhecimento.

O uso da impressora 3D para criar objetos em tempo real aumenta o engajamento dos alunos ao torná-los participantes ativos do processo de criação. Papert (1980), ao propor o construcionismo, destaca que os estudantes aprendem melhor quando estão ativamente envolvidos na construção de algo tangível que tenha significado para eles. Nesse contexto, a tecnologia em 3D oferece subsídios para que os alunos experimentem, visualizem e aprimorem suas criações, reforçando a conexão entre teoria e prática.

Pesquisas realizadas por Wulandari *et al.* (2020) indicam que a utilização de modelos 3D em aulas de engenharia aumentou em 30% a retenção de conceitos técnicos, como a análise de esforços mecânicos, devido à possibilidade de manipular os modelos e testar suas propriedades. Essa prática, além de reforçar o aprendizado, contribui para o desenvolvimento de habilidades práticas fundamentais para o mercado de trabalho.

Apesar dos benefícios, o uso da tecnologia 3D na educação enfrenta barreiras. A aquisição de equipamentos pode ser onerosa, e a falta de capacitação dos professores para integrar essa tecnologia ao currículo é um desafio significativo (Mills e King, 2017). Além disso, é necessário considerar a curva de aprendizado associada ao uso de softwares de modelagem 3D, que pode ser desafiadora para estudantes e educadores.

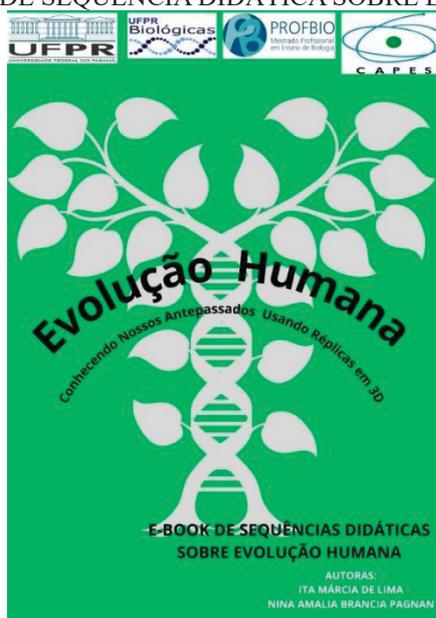
O potencial educacional do uso dos modelos tridimensionais é vasto, com possibilidades que vão desde o ensino de conceitos científicos até a promoção de práticas interdisciplinares. Conforme apontado por Moura e Fernandes (2022), a tecnologia 3D pode ser integrada a projetos pedagógicos que estimulem a aprendizagem colaborativa, interdisciplinar e criativa, alinhando-se às competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como o protagonismo estudantil e a resolução de problemas.

Perspectivas futuras incluem a incorporação de tecnologias associadas, como a realidade aumentada e virtual, para ampliar a experiência educativa. Além disso, a pesquisa sobre o impacto da tecnologia 3D no aprendizado em diferentes níveis educacionais ainda é incipiente, representando uma área promissora para investigações futuras.

4.2 E-BOOK DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA TRABALHAR EVOLUÇÃO HUMANA

O presente e-book (APÊNDICE 2), intitulado Sequência Didática Investigativa sobre Evolução Humana (FIGURA12), foi desenvolvido com objetivo de proporcionar aos professores um material didático estruturado que favoreça a construção do conhecimento científico sobre evolução humana, articulando o uso de metodologias ativas e recursos tecnológicos, como a impressão de modelos tridimensionais de crânios.

FIGURA 12– CAPA DO E-BOOK DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE EVOLUÇÃO HUMANA.



FONTE: A autora (2024).

A seleção e organização das atividades que compõem o e-book foram fundamentadas nos princípios da abordagem investigativa, conforme proposto por Carvalho (2013), que destaca a importância do envolvimento ativo dos alunos no processo de aprendizagem. Além disso, a escolha dos conteúdos e metodologias foi orientada pelos critérios estabelecidos por Zabala (1998), que enfatiza que uma sequência didática eficaz deve articular conceitos, habilidades e atitudes de forma integrada, garantindo uma aprendizagem significativa e contextualizada.

A estrutura do e-book foi organizada para garantir acessibilidade e aplicabilidade em sala de aula, permitindo que o professor compreenda sua lógica e adapte as atividades conforme suas necessidades pedagógicas. Sua organização segue a seguinte sequência:

Introdução: Apresenta a problematização, os objetivos e os critérios de avaliação, fornecendo um direcionamento inicial para o docente.

Sequência Didática: Explica a estrutura dos planos de aula e apresenta um quadro que identifica conteúdos, temas e habilidades trabalhadas em cada um deles.

Plano de Aula – Descobrimo a Evolução: Composto por três aulas e atividades introdutórias à temática, inclusive é indicado e disponibilizado um questionário (APÊNDICE 3) que o professor pode aplicar no início da sequência didática para observar o conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto e assim pode considerar os pontos que precisa de maior atenção durante as aulas, preparando os alunos para a análise dos modelos de crânio tridimensionais.

Plano de Aula – Conhecendo Nossos Antepassados: estruturado em quatro aulas, com

atividades que integram o uso de modelos 3D, favorecendo a observação e análise comparativa de características anatômicas das espécies.

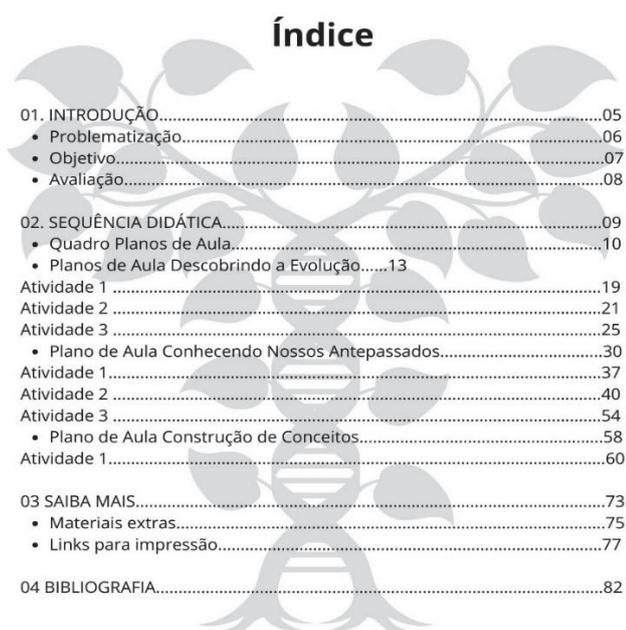
Plano de Aula – Construção de Conceitos: Contém uma aula e uma atividade avaliativa baseada na metodologia de rotação por estação, permitindo que os alunos consolidem o conhecimento adquirido.

Seção “Saiba Mais”: disponibiliza materiais complementares, como links para impressão das réplicas dos crânios em 3D ou para o uso de imagens digitais, possibilitando ao professor explorar diferentes estratégias para o desenvolvimento das aulas.

As atividades foram planejadas para garantir flexibilidade ao docente, permitindo sua aplicação de forma independente ou em conjunto, conforme o tempo disponível e a abordagem pedagógica adotada.

A elaboração do e-book foi realizada por meio da plataforma Canva, ferramenta de design gráfico online que permite a criação de diversos materiais visuais. A versão institucional utilizada possibilitou o acesso gratuito a recursos gráficos, ampliando as possibilidades de construção do material. A diagramação foi pensada para garantir clareza e acessibilidade, incluindo um índice (FIGURA13) e a identificação das seções com seus respectivos títulos e páginas, facilitando a navegação e o uso do material.

FIGURA 13 – ÍNDICE DO E-BOOK DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS SOBRE EVOLUÇÃO HUMANA.



Índice	
01. INTRODUÇÃO.....	05
• Problematização.....	06
• Objetivo.....	07
• Avaliação.....	08
02. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	09
• Quadro Planos de Aula.....	10
• Planos de Aula Descobrimos a Evolução.....	13
Atividade 1	19
Atividade 2	21
Atividade 3	25
• Plano de Aula Conhecendo Nossos Antepassados.....	30
Atividade 1.....	37
Atividade 2	40
Atividade 3	54
• Plano de Aula Construção de Conceitos.....	58
Atividade 1.....	60
03 SAIBA MAIS.....	73
• Materiais extras.....	75
• Links para impressão.....	77
04 BIBLIOGRAFIA.....	82

FONTE: A autora (2024).

A primeira seção, correspondente à introdução, tem como propósito orientar os professores quanto à utilização do e-book, assegurando que o material seja empregado de

maneira eficiente. Nessa seção, são apresentados os objetivos centrais do e-book, que consistem em explorar os conceitos fundamentais da Evolução Humana por meio de atividades investigativas e do uso da tecnologia 3D como recurso didático.

Na seção destinada à sequência didática, apresenta-se um quadro detalhado com os conteúdos, habilidades e objetivos de aprendizagem relacionados a cada plano de aula. O Quadro 2 sintetiza as seções que compõem os planos de aula e seus respectivos conteúdos. Todas as atividades, materiais e recursos necessários para a aplicação da sequência didática encontram-se descritos no e-book (APÊNDICE 2).

QUADRO 2 – CONTEÚDO, HABILIDADES E OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM QUE COMPÕEM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

Sequência Didática	Conteúdo	Competências e Habilidades do Currículo (BNCC)	Objetivos
EVOLUÇÃO HUMANA	- Fé e Ciência: diferentes empreendimentos e seus contextos; - Evolução humana: Ancestralidade comum. Coexistência entre espécies desmistificando a evolução linear.	Competência Geral 2: Exercitar curiosidade científica, investigação e análise crítica. Habilidade (EM13CNT304): Discutir evidências científicas da evolução, como fósseis, anatomia comparada e genética, relacionando-as ao processo evolutivo.	- Dialogar sobre as concepções prévias acerca da origem do ser humano. - Entender o conceito de evolução biológica; - Compreender o processo não linear da evolução humana.
	-Fatores que possibilitaram o processo evolutivo da espécie humana: Fatores biológicos. Fatores comportamentais. - Principais espécies de hominíneos. - Evidências do processo evolutivo.	Competência Específica de Ciências da Natureza 3: Compreender a evolução como base para a biodiversidade e o processo de adaptação dos seres vivos. Habilidade (EM13CNT303): Analisar e interpretar evidências científicas, como fósseis e registros genéticos, que explicam a origem e evolução dos seres vivos, considerando a diversidade biológica. Habilidade (EM13CNT301): Compreender os mecanismos evolutivos, como seleção natural, mutação e recombinação genética, relacionando-os à adaptação das espécies aos ambientes.	- Compreender o processo da evolução humana e seus desdobramentos. - Reconhecer a existência de várias espécies de hominíneos;
	- Interpretação dos	Habilidade (EM13CNT305):	- Estabelecimento de

	conceitos de evolução e adaptação, pelo estabelecimento de correlações com a evolução do homem. - Observação, comparação e estabelecimento de relações. - Elaboração de hipóteses e suposições.	Avaliar o impacto das atividades humanas sobre a biodiversidade e os ecossistemas, considerando a perspectiva evolutiva.	correlações com o surgimento da espécie <i>Homo sapiens</i> . - Conscientização de que a evolução biológica é um processo que ocorre continuamente.
--	---	--	--

FONTE: A autora (2024).

Ao final do material, os professores têm acesso à seção “Saiba Mais”, que aprofunda as discussões sobre as atividades propostas, ampliando a compreensão das metodologias empregadas. Essa seção também reúne referências complementares, como artigos, reportagens e livros, além de disponibilizar os links para impressão dos crânios em 3D, possibilitando maior embasamento teórico e instrumentalização para o professor adaptar as atividades conforme o contexto de suas turmas, ampliando as possibilidades de exploração do tema da evolução humana.

A adoção de sequências didáticas baseadas no uso de materiais concretos tem sido amplamente explorada na literatura acadêmica e reconhecida como uma estratégia eficaz para promover a aprendizagem ativa, significativa e inclusiva. De acordo com Piaget (1973), o uso de materiais táteis favorece a construção do conhecimento ao permitir que os alunos manipulem e experimentem conceitos abstratos de forma concreta. No ensino de Ciências, essa abordagem é especialmente relevante, pois possibilita a exploração de fenômenos complexos de maneira prática e investigativa (Lorenzetti e Delizoicov, 2001).

Os modelos tridimensionais utilizados no e-book desempenham um papel central na abordagem didática proposta, uma vez que permitem a observação detalhada de estruturas cranianas e a comparação entre espécies ancestrais e o *Homo sapiens*. Estudos indicam que a utilização de modelos 3D no ensino de Biologia melhora a compreensão espacial dos alunos e facilita a aprendizagem de conceitos anatômicos e evolutivos (Oliveira e Bizzo, 2017).

Os materiais concretos, como blocos, materiais dourados, jogos e outros recursos manipuláveis, são ferramentas que tornam as aulas mais dinâmicas e desafiadoras. Eles ajudam os alunos a visualizar e entender conceitos complexos, além de proporcionar um ambiente onde a interação e a troca de ideias são incentivadas, como destacado por estudos como o de Cook e Riedel (2019) que analisaram o potencial pedagógico desses materiais, observando que sua utilização promove a assimilação concreta dos conteúdos, facilitando a relação entre teoria e

prática de forma lúdica. Silva et al. (2020) investigou o uso de materiais concretos como recurso metodológico, concluindo que, ao serem manipulados pelos alunos, esses materiais contribuem para uma aprendizagem mais significativa, promovendo maior envolvimento das crianças. Nacarato (2005) explorou as possibilidades que o uso de objetos concretos proporciona ao ensino de conceitos básicos de geometria, demonstrando que a utilização de materiais variados, como isopor, palitos e canudos, é eficaz na compreensão desses conceitos. Esses estudos corroboram a eficácia dos materiais concretos na visualização e compreensão de conceitos complexos, além de promoverem a interação e a troca de ideias entre os alunos, estimulando habilidades cognitivas e sociais, como a argumentação, o trabalho em equipe e a resolução colaborativa de problemas essenciais no processo de aprendizagem (Matos, Oliveira, Santos e Ferraz, 2009).

No entanto, para que a utilização de materiais táteis seja realmente eficaz, é essencial que os professores planejem atividades com objetivos claros. Isso evita o uso indiferenciado e garante que os recursos sejam usados de forma significativa, permitindo que os alunos estabeleçam conexões entre o concreto e o abstrato. Além disso, a introdução de materiais manipuláveis dinâmicos, que podem ser transformados durante as atividades, tem se mostrado ainda mais eficaz na facilitação de aprendizagens profundas e na construção de novos conhecimentos (Matos, Oliveira, Santos e Ferraz, 2009).

Nesse contexto, o uso de réplicas 3D de crânios para atividades comparativas posiciona os alunos como investigadores, permitindo que formulem hipóteses e tirem conclusões baseadas em evidências concretas. Essa prática reforça a conexão entre teoria e aplicação prática, sendo que a integração de tecnologias, como impressão 3D, proporciona um ambiente rico para a internalização de conceitos, especialmente em temas complexos como a evolução humana.

Vygotsky (1978) corrobora a importância da mediação docente no estímulo à zona de desenvolvimento proximal. Ao utilizar tecnologias como impressão 3D, os estudantes engajam-se de forma concreta e interativa, internalizando conceitos evolutivos com maior eficácia. A abordagem também dialoga com a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (2003), que defende a integração de novos conhecimentos com conceitos prévios, tornando a evolução humana mais acessível e tangível.

Estudos recentes reforçam a eficácia de materiais táteis no ensino de Ciências. Martinez et al. (2020) destacam que o uso de materiais manipuláveis pode aumentar em até 35% a retenção de conceitos, comparado às aulas expositivas tradicionais. Além disso, Yore e

Hand (2010) destacam que o uso de modelos físicos auxilia na transposição de conhecimentos abstratos para contextos tangíveis, promovendo a compreensão profunda. Delacruz, Choi e Kim (2014) mostraram que estudantes que manipulam modelos tridimensionais apresentam maior engajamento e compreensão especialmente em disciplinas que demandam visualização de estruturas complexas. A sequência também se alinha às práticas investigativas descritas por Dewey (1916), Oliveira e Silveira (2013), sobre o ensino investigativo ao fomentar questionamentos e respostas baseadas em evidências, promovendo a autonomia intelectual. Smith e Clark (2018) evidenciam que a manipulação de réplicas 3D, mediadas por docentes capacitados, permite aos estudantes compreender melhor as características anatômicas e os fatores evolutivos que as moldaram. Esses autores destacam que o ensino investigativo com materiais táteis concretos é especialmente eficaz em contextos de aprendizagem ativa.

No Brasil, estudos como os de Oliveira e Silveira (2013) destacam a eficácia de práticas investigativas associadas a materiais concretos, especialmente no ensino de Biologia. Martins e Silva (2020) argumentam que sequências didáticas baseadas em recursos manipuláveis fortalecem a conexão entre teoria e prática, resultando em uma aprendizagem significativa. Além disso, trabalhos como os de Silva e Batista (2018) mostram que o uso de modelos táteis facilita a inclusão de alunos com diferentes estilos de aprendizagem, proporcionando maior equidade educacional.

Apesar das vantagens, a implementação de metodologias que utilizam materiais táteis enfrenta desafios, como o acesso a impressoras 3D e softwares especializados, além da necessidade de capacitação docente. Martins e Silva (2020) sugerem que a formação continuada dos professores é essencial para integrar tecnologias de forma eficaz ao currículo. Adicionalmente, o planejamento das atividades deve considerar o tempo disponível e as particularidades dos estudantes. Silva, Martins e Batista (2021) apontam que a introdução de tecnologias inovadoras requer planejamento cuidadoso e suporte técnico para maximizar seu impacto educacional. Ainda, a diversidade de perfis de aprendizagem exige adaptações no planejamento para garantir a inclusão e o engajamento de todos.

Apesar dos desafios, a proposta é promissora. A sequência didática proposta busca atender a essas demandas, promovendo um ensino investigativo, significativo e acessível. A avaliação do impacto dessa metodologia deve ser explorada em pesquisas futuras, como sugerem Martins e Silva (2020). Futuras pesquisas poderiam explorar a eficácia dessa abordagem em diferentes contextos escolares, avaliando seu impacto na compreensão e no engajamento dos alunos. Assim, o uso de réplicas 3D e outros materiais táteis representa uma

estratégia promissora para transformar o ensino de temas complexos, como a evolução humana, em experiências ricas e significativas.

Portanto, ao integrar materiais táteis no ensino, é fundamental alinhar sua aplicação ao planejamento pedagógico, utilizando-os como ferramentas que engajem os alunos, transformem conceitos em experiências práticas e incentivem uma aprendizagem ativa e reflexiva.

Com base na literatura sobre métodos ativos, como a proposta por Berbel (2011), espera-se que essa sequência didática investigativa, quando implementada, promova o protagonismo dos estudantes, incentivando-os a investigar, questionar e aplicar o conhecimento em situações práticas.

Assim a criação do e-book, com uma sequência Didática Investigativa sobre a temática evolução humana, representa uma contribuição inovadora para o ensino de Biologia, oferecendo aos professores um recurso didático alinhado às metodologias ativas e ao uso de tecnologias educacionais. O material desenvolvido busca estimular práticas investigativas e interdisciplinares, incentivando uma abordagem mais dinâmica e envolvente para o ensino da evolução humana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido representa um passo significativo na integração da tecnologia ao ensino de Biologia em especial a temática Evolução Humana. Através do desenvolvimento das réplicas de crânios em 3D como recurso educacional foi planejado uma sequência didática com o objetivo de enriquecer a experiência educacional dos estudantes, além de fomentar a autonomia, o pensamento científico e a importância da Ciência para a humanidade.

A sequência didática fundamentada em teorias de Ausubel (2003), Dewey (1959) e Vygotsky (1978), combina o uso de metodologias ativas de caráter investigativo e ressaltam a importância de estratégias que usem a tecnologia, proporcionando estratégias que promovam a aprendizagem significativa e contextualizada para professores que buscam incorporar estas características em sua prática docente. As atividades sugeridas promovem o protagonismo dos estudantes, permitindo que levantem hipóteses, investiguem, analisem e busquem respostas de forma ativa com mediação do professor, tornando o aprendizado mais dinâmico, interativo e significativo.

O uso de réplicas tridimensionais de crânios permite análises concretas de características anatômicas, como volume craniano, posição do forame magno e formato das arcadas dentárias, facilitando a compreensão dos processos evolutivos. Estudos sugerem que a adoção de modelos 3D no ensino de temas complexos promove maior engajamento e entendimento por parte dos alunos, ao combinar experiências visuais e táteis com atividades investigativas. Atividades como a construção de cladograma e análises comparativas enriquecem o ensino de Biologia, aproximando os conteúdos das realidades dos alunos e incentivando o desenvolvimento de competências cognitivas e sociais.

Os modelos em 3D representam uma ferramenta educacional poderosa, com capacidade de inovar o ensino e promover aprendizagens inclusivas e interativas. Apesar dos desafios relacionados à infraestrutura e formação docente, sua aplicação gradual pode transformar o ensino da evolução humana, preparando os alunos para enfrentar os desafios do século XXI com uma compreensão mais clara e aprofundada sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Paulo. Evolução humana: estudos filosóficos. **Revista de Filosofia Aurora**, v. 25, n. 36, p. 75-105, 2013.
- AGUIAR, L. de. C. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências**, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/.../aguiar_ldcd_me_bauru.pdf? Acesso em: 10 de ago. 2023.
- ALMEIDA, E. R.; CHAVES, A. C. L. **O ensino de biologia evolutiva: as dificuldades de abordagem sobre evolução no ensino médio em escolas públicas do estado de Rondônia**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 4., 2014, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa: PPGECT-UTFPR, 2014. p. 1-12.
- ALMOULOUD, S.; COUTINHO, C. Interação entre a pesquisa no ensino de ciências e a prática em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências**, v. 2, n. 4, p. 45-63, 2008.
- AMABIS, Jose. Mariano. **Ensino de biologia: repensando a prática pedagógica**. São Paulo: Moderna, 2001.
- AMARAL, M. P.; VILELA, D. S.; MORAES, M. Modelagem didática: integração do teórico e real. **Revista de Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 121-135, 2010.
- AMORIM, F. G. A utilização de jogos didáticos no ensino de ciências. **Revista Ciência e Educação**, v. 19, n. 1, p. 109-128, 2013.
- ANDIC, B.; LAVICZA, Z.; ULBRICH, E.; CVJETICANIN, S.; PETROVIC, F.; MARICIC, M. **Contribuição da modelagem e impressão 3D para a aprendizagem no ensino fundamental: um estudo de caso com alunos com deficiência visual de uma sala de aula inclusiva de Biologia**. *Jornal de Educação Biológica*, v. 58, n. 4, p. 795-811, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2118352>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- ANDRADE, J. **A importância da problematização nas aulas de ciências**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2017.
- ANDRADE, J. F. O papel do professor no ensino investigativo. **Revista de Pesquisa em Educação**, v. 3, n. 2, p. 56-72, 2016.
- ANDRADE, M. L. F. de; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- ARAÚJO, F. P.; MATOS, J. R. O ensino de Biologia no contexto contemporâneo: desafios e possibilidades. **Revista Brasileira de Educação Científica**, v. 10, n. 2, p. 123-140, 2020.
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**. São Paulo: Artmed, 2003.
- AZEVEDO, J. Ensino por investigação: perspectivas e desafios. **Revista Brasileira de Ensino**

de Ciências, v. 24, n. 3, p. 23-35, 2004.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 7º, 1977.

BASNIAK, M. I.; LIZIEIRO, A. R. A impressora 3D e novas perspectivas para o ensino: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos. **Revista Observatório**, v. 3, n. 4, Palmas, 2017, p. 445-466.

BASTOS, M. Sequências didáticas no ensino de ciências: uma abordagem contextualizada. **Revista Ciência e Ensino**, v. 10, n. 2, p. 45-67, 2017.

BERBEL, N.A.N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25- 40, 2011.

BERMUDEZ, J. **Temos o queixo exclusivo?** 4 jun. 2013. Disponível em: <https://reflexiones-de-un-primate.blogs.quo.es/2013/06/04/tenemos-la-exclusiva-del-menton/>. Acesso em: 16 mar 2024.

BERNARDO, C. E.; DORVILLÉ, L. F. P. Ensino de Biologia e desafios para o ensino da Teoria da Evolução. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2012.

BERNARDO, D. V. **Diversidade craniana humana e suas implicações evolutivas**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-22012013112723/publico/Danilo_Bernardo_1.pdf. Acesso em: 23 fev. 2025.

BIZZO, Nélío. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Ática, 2009.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1991. 494 p.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação** Portugal: Porto, 1994.

BORIS, J. M. Impressão 3D e suas possibilidades na educação. **Revista de Tecnologia Educacional**, v. 11, n. 1, p. 89-102, 2002.

BRANCO, S. L. **Evolução das espécies: o pensamento científico, religioso e filosófico**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)**. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, DF: MEC, 2013. Disponível em: [lei 9394.pdf](#). Acesso em: 13 de jul. de 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação e Cultura: 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 13 de jul. de 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Bases Legais: **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: [Microsoft Word - Bases Legais.doc](#). Acesso em: 13 de jul. de 2024.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

CABRAL, A. Sequência didática como ferramenta pedagógica. **Revista Educação em Foco**, v. 25, n. 1, p. 123-142, 2017.

CALDONHO, Gabriel Correa. **Aprendizagem ativa com uso de impressão tridimensional no curso de engenharia**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/3576#main-container>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CAMPBELL, I. et al. **3D Printing in Education: A Review of the Benefits and Challenges**. Journal of Educational Technology, 2011.

CAMPOS, M. C.; NIGRO, M. N. T. **Teoria e prática em Ciências na escola: o ensino aprendizagem com investigação**. São Paulo: FTD, 2009.

CARNEIRO, Ana Paula Netto; ROSA, Vivian Leyser da. Três aspectos da evolução: concepções sobre Evolução Biológica em textos produzidos por professores a partir de um artigo de Stephen Jay Gould. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 4., 2003, Bauru. Anais [...]. Bauru: ABRAPEC, 2003. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis%20/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL169.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CARNEIRO, M. A. **Atlas e texto de neuroanatomia**. Barueri: Manole, 2004. 278 p. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/12441/11139/164005>. Acesso em: 23 fev. 2024.

CARNEIRO, Arlys Jerônimo de Oliveira Lima Lino; SOUZA, Alcione Santos de; ROCHA, Regiane da Silva; SILVA FILHO, José Gomes da. **A importância das práticas pedagógicas no contexto escolar: dinamizando o 'fazer pedagógico' através da prática na Educação Básica**. *Research Society and Development*, v. 11, n. 13, p. e87111334789, set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.34789>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino por investigação: uma abordagem prática para a sala de aula**. Campinas: Unicamp, 2018.

CARVALHO, A. P. Ensino investigativo e estratégias didáticas. **Revista de Educação e Pesquisa**, v. 19, n. 3, p. 87-101, 2013.

CARVALHO, J. F. **Uso de Tecnologias no Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Educacional, 2020.

CERQUEIRA, R. C. S. **Práticas pedagógicas inovadoras: desafios e experiências**. São Paulo. Ed.Cortez, 2017.

CHASSOT, A. I. **A alfabetização científica: questões e desafios para a educação básica**. Ijuí. Ed. Unijuí, 2003.

COOK, C.; RIEDEL, J. **Inclusive Education Through 3D Printing**. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, v. 113, n. 5, p. 383-395, 2019.

COUTINHO, C. Conexões no ensino: um enfoque investigativo. **Revista de Ciências e Educação**, v. 28, n. 2, p. 145-163, 2020.

COUTINHO, S. T.; SANTOS, F. G. Obstáculos epistemológicos no ensino da evolução biológica. **Educação em Foco**, 2019.

DARWIN, Charles. **A origem das espécies, ou a luta pela existência na natureza: no meio da seleção natural**. Tradução de Joaquim da Mesquita Paul. 1. ed. Porto: Lello & Irmão Editores, 2003. Disponível: <https://ecologia.ib.usp.br/ffa/arquivos/abril/darwin1.pdf>. Acesso em: 15 mar 2024.

DE WAAL, Frans. **The Age of Empathy: Nature's Lessons for a Kinder Society**. New York: Harmony Books, 2008. Disponível em: [Dewa_9780307407764_5p_00_r1.qxp](#). Acesso em: 16 de ago. 2024.

DELACRUZ, Edward M.; CHOI, Hye-Rin; KIM, Jeong-Ah. **The benefits of using 3D models in education: research findings and implications**. *Journal of Interactive Learning Research*, v. 25, n. 3, p. 451-470, 2014. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/130411/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

DEWEY, John. **Democracia e educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=2708. Acesso em: 15 mar. 2024.

DURÉ, Ravi Cajú; ANDRADE, Maria José Dias de; ABÍLIO, Francisco José Pegado. **Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano?** *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: https://www.if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.

FARIA, Márcia Nunes. **A música, fator importante na aprendizagem**. Assis Chateaubriand – PR, 40f. Monografia (Especialização em Psicopedagogia) – Centro Técnico-Educacional Superior do Oeste Paranaense – CTESOP/CAEDRHS, 2001.

FASUL. Recursos táteis e aprendizagem significativa no ensino de Ciências Naturais. **Revista Brasileira de Educação Científica**, v. 9, n. 2, p. 21-33, 2024.

FILHO, J. S.; ALMEIDA, C. R.; COSTA, M. E. Transformações no ensino de Biologia no Brasil: análise histórica e pedagógica. **Educação em Perspectiva**, v. 15, n. 1, p. 45-63, 2021.

Foley, R. **Os Humanos Antes da Humanidade: Uma Perspectiva Evolucionista**. São Paulo: Unesp, 2003.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2002.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. Trad. de Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. 2a edição, Ribeirão Preto. Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992. 646p.

GROENEVELD, Emma. **As Primeiras Migrações Humanas**. Traduzido por Solange Maria Nóbrega Lavorini. World History Encyclopedia. Última modificação maio 15, 2017. Disponível em: <https://www.worldhistory.org/trans/pt/2-1070/as-primeiras-migracoes-humanas/>. Acesso em: 16 mar 2024.

HENKE, Winfried; TATTERSALL, Ian. **Handbook of Paleoanthropology**. Berlin: Springer, 2007. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=vhoRdbTrjc8C&oi=fnd&pg=PR1&dq=HENKE,+Winfried%3B+TATTERSALL,+Ian.+Handbook+of+Paleoanthropology.+Berlin:+Springer,+2007.&ots=iM9CHD_Is_&sig=wStdpjQXAU6FQzY8PXD4PLyCSNA#v=onepage&q=HENKE%2C%20Winfried%3B%20TATTERSALL%2C%20Ian.%20Handbook%20of%20Paleoanthropology.%20Berlin%3A%20Springer%2C%202007.&f=false. Acesso em: 15 set. 2024.

HERMANN, E.; ARAÚJO, M. **O uso de modelos tridimensionais no ensino de ciências**. Revista de Práticas Pedagógicas, v. 15, n. 4, p. 89-104, 2013.

IFRS. **Impacto de recursos concretos no ensino da Matemática nos anos iniciais: uma análise**. Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2024.

JOHANSON, Donald; EDEY, Maitland A. **Lucy: The Beginnings of Humankind**. New York: Simon & Schuster, 1981.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE GENÉTICA - EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO DE COMPACTAÇÃO DO DNA EUCARIOTO. **Arquivos do Mudi**, v. 11, n. 1, p. 35-40, 3 mar. 2013. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19993>. Acesso em: 20 jul. 2024.

JUNIOR, Natal Chicca; CASTILLO, Leonardo Gómez; COUTINHO, Solange Galvão. **A impressão 3D contribuindo em projetos de design da informação**. In: SPINILLO, C. G.; FADEL, L. M.; SOUTO, V. T.; SILVA, T. B. P.; CAMARA, R. J. (Eds.). *Anais do 7º Congresso Internacional de Design da Informação/Proceedings of the 7th Information Design International Conference | CIDI 2015*. São Paulo: Blucher, 2015. p. 1355-1360. ISBN 978-85-8039-122-0. DOI: 10.5151/designpro-CIDI2015-cidi_193. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/a-impresso-3d-contribuindo-em-projetos-de-design-da-informao-20316>. Acesso em: 20 jul. 2024.

KOSTAKIS, V.; NIAROS, P.; GIOTITSAS, C. Educação e tecnologias abertas: o papel da impressão 3D. **Revista de Tecnologias Educacionais**, v. 14, n. 2, p. 112-125, 2014.

KOSTAKIS, V.; NINOS, I.; BAUWENS, M. **3D Printing as a Pathway for Open Design: Implications for Global Development**. Journal of Development Studies, v. 51, n. 4, p. 985-1003, 2015.

KRASILCHIK, M. **Práticas pedagógicas no ensino de Biologia**. 7. ed. São Paulo: Edusp, 2019.

KUTSCHERA, Ulrich; NIKLAS, Karl J. **The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis**. *Naturwissenschaften*, v. 91, n. 6, p. 255-276, 2004. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3337233>. Acesso em: 16 jun. 2024.

LEAKEY, Richard; LEWIN, Roger. **Origins Reconsidered: In Search of What Makes Us Human**. New York: Doubleday, 1993.

LEÃO, R. C. Antropocentrismo e educação científica: repensando a identidade animal humana. **Revista de Ensino de Ciências e Ambiente**, 2018.

LEPIENSKI, M.L., PINHO, K.E.P. **Recursos Didáticos no Ensino de Biologia e Ciências**. Dissertação – Programa Desenvolvimento Educacional – PDE. 2011. Disponível em: <http://www.diadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/400-2.pdf> Acesso em: 20 mar 2024.

LIEBERMAN, P. **The Evolution of Human Speech: Its Anatomical and Neural Bases**. *Current Anthropology*, v. 48, n. 1, p. 39-66, 2007.

LOBO, A. J.; VIANA, F. T. O ensino de evolução e o desenvolvimento do pensamento científico. **Ciência & Educação**, 2020.

LORENZETTI, L. & DELIZOICOV, D. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 03, n.1, p. 1–15.2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v3n1/1983-2117-epec-3-01-00045.pdf>. Acesso em 25 out 2024.

LÜDKE, Menga; André, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARIZ, Genselena Fernandes. **O uso de modelos tridimensionais como ferramenta pedagógica no ensino de biologia para estudantes com deficiência visual**. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/7924>. Acesso em: 15 de ago. 2024.

MARTIN, S.; BOWDEN, A. The impact of 3D printing on the teaching of complex biological concepts. **Journal of Science Education and Technology**, 28(3), 349-359, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/TeorPratEduc>. Acesso em 25 out 2024.

MARTINAND, J. Modelos e ensino: teoria e prática. **Revista de Ciências Educacionais**, v. 18, n. 4, p. 75-89, 1996.

MARTINEZ, A. et al. Impacto de materiais táteis no ensino e aprendizado. **Revista de Tecnologias Educativas**, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2020.

MARTINHO, A.; ANDRADE, F. **Uso de tecnologia 3D no ensino de Biologia: uma abordagem investigativa**. *Cadernos de Educação Científica*, v. 25, n. 4, p. 87-102, 2019.

MARTINS, Cláudia; SILVA, Roberto. O uso de recursos manipuláveis no ensino de Biologia: teoria e prática. *Revista Brasileira de Ensino de Biologia*, v. 13, n. 1, p. 89-102, 2020.

MATOS, Cláudia Helena Cysneiros.; OLIVEIRA, Carlos Romero Ferreira.; SANTOS, Maria Patrícia de França; FERRAZ, Célia Siqueira. Utilização de modelos didáticos no ensino de entomologia. *Revista de biologia e ciências da terra*, v. 9, n. 1, p. 19-23. 2009.

MELLO, A. C. **Evolução Biológica: concepções de alunos e reflexões didáticas**. 166f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3322>. Acesso em: 25 set 2025.

MEYER, D. R.; EL-HANI, C. N. **Evolução o Sentido da Biologia**. 1ª edição. São Paulo: UNESP (FEU), 2005. Disponível em: https://www.ppgnc.prosp.ufpa.br/ARQUIVOS/Prova%20de%20conhecimentos/Evolu%C3%A7%C3%A3o/Evolu%C3%A7%C3%A3o_o%20sentido%20da%20biologia.pdf. Acesso em: 20 jun 2024.

MILLS, K.; KING, R. **Challenges in Implementing 3D Printing in Education**. International Journal of Technology and Design Education, v. 27, n. 3, p. 431-442, 2017. Disponível em: [3D Printing in Design Education Between Challenges and Opportunities | SpringerLink](#). Acesso em: 20 jun 2024.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 621-626, mar. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300007>. Acesso em: 20 jun 2024.

MITTEROECKER, P.; GUNZ, P.; BERNHARD, M.; SCHAEFER, K.; BOOKSTEIN, F. L. **Comparison of cranial ontogenetic trajectories among great apes and humans**. *Journal of Human Evolution*, v. 46, n. 6, p. 679-697, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15183670/>. Acesso em: 23 fev. 2024.

MORAES, M.; VARELLA, P. Ensino de biologia e motivação: integração teoria e prática. *Revista de Educação Científica*, v. 22, n. 2, p. 123-140, 2007.

MONTEIRO, R. M. et al. Concepções alternativas sobre evolução biológica: um desafio no ensino de biologia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2019.

MOTA, J. G. S. M. **Aplicação de uma sequência didática no ensino de Biologia**. 2017. 73f. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/28015/5/2017_dis_jgsmmota.pdf Acesso em: 08 set 2024

MOTOKANE, M. T.; **Sequências Didáticas Investigativas e Argumentação no Ensino de Ecologia**. Universidade de São Paulo (USP) - Revista Ensaio. Belo Horizonte, v.17 n. especial, p. 115-137, novembro, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00115.pdf> Acesso em: 09 set 2024

MOURA, C.; FERNANDES, A. A impressão 3D e seu impacto no ensino interdisciplinar: Estudos de caso em escolas públicas brasileiras. **Revista Brasileira de Educação**, 27(1), 1-19, 2022.

NACARATO, Adair Mendes. Eu trabalho primeiro no concreto. **Revista de Educação Matemática**. Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM). Ano 9, n.9-10, (2004-2005), p.1-6.

NASCIMENTO, J. S. Estratégias didáticas para o ensino da evolução: uma abordagem dinâmica e significativa. **Revista de Educação em Ciências**, 2019.

NEVES, W. A. Origem e evolução do homem: uma visão integrada. **Revista de Educação em Ciências Biológicas**, 2006.

NEWHEY, H. **The Anatomy of the Human Skull - 3D Model**. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/the-anatomy-of-the-human-skull-baf6ac7>. Acesso em: 29 nov. 2024.

NTL. **The Learning Pyramid. Education Corner**, 2019. Disponível em: <https://www.educationcorner.com/the-learning-pyramid.html>. Acesso em: 21 out. 2024.

NUNES, João; CHAVES, João. **Tecnologias digitais na educação superior: a analítica da aprendizagem e a Didática**, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304019157_Tecnologias_digitais_na_educacao_superior_a_analitica_da_aprendizagem_e_a_Didatica. Acesso em: 21 out 2024.

OLEQUES, L. C., BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L.; BOER, N. Evolução Biológica: Percepções De Professores De Biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Espanhã, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2011. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART2_VOL10_N2.pdf> Acesso em: 15 Nov. 2024.

OLIVEIRA, Maria de Fátima; SILVEIRA, João Paulo. **Práticas investigativas no ensino de Biologia**. Educação & Pesquisa, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 95-112, 2013.

OLIVEIRA, P. C.; BIZZO, N. A falta de materiais didáticos no ensino de evolução. **Ciências e Educação**, 2017.

OLIVIERI, A. Metodologias ativas no ensino de biologia. **Revista de Ensino e Pesquisa**, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2012.

PÁABO, Svante. **Neanderthal Man: In Search of Lost Genomes**. New York: Basic Books, 2014.

PACHECO, R.B.C, OLIVEIRA, D.L. **O homem Evoluiu do macaco? Equívocos e Distorções nos Livros Didáticos de Biologia**. VI EPEB. 1997.

PAGAN, Acácio Alexandre; EL-HANI, Charbel; BIZZO, Nélio. A identidade humana e o alter vivo: concepções de alguns alunos de Ciências Biológicas. *Revista de Educação Pública*, [S. l.], v. 20, n. 44, p. 445–461, 2011. DOI: 10.29286/rep.v20i44.317. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/317>. Acesso em: 15 mar. 2024.

PAPERT, S. **Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas**. New York: Basic Books, 1980. Disponível em: <https://rafaelleviblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/11/mindstorms-chap1.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

PARK, J.; CHEN, Y. (2021). **3D scanning and printing in education: A systematic review of the literature**. *International Journal of Educational Technology*, 17(1), 12-29.

PEDRANCINI, G. et al. Dificuldades no ensino de biologia no ensino médio. **Revista Brasileira de Educação Científica**, v. 13, n. 4, p. 156-169, 2007.

PIFFERO, Eliane; SOARES, Renata Godinho; COELHO, Caroline Pugliero; ROEHRS, Rafael. **Metodologias Ativas e o ensino de Biologia: desafios e possibilidades no novo Ensino Médio**. *Revista Ensino & Pesquisa*, v. 18, n. 2, p. 48-63, ago. 2020. DOI: 10.33871/23594381.2020.18.2.48-63.

PIAGET, J. **O tempo e o desenvolvimento intelectual da criança**. In: Piaget. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

PIOVESAN, Armando; TEMPORINI, Edméa Rita. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 318-325, ago. 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-89101995000400010>>. Acesso em: 23 nov. 2024.

RIBEIRO JÚNIOR, M. C. et al. **Evolução biológica e criacionismo: vivência e discussão entre alunos do ensino médio**. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, 2020.

RODRIGUES, A. C. Concepções errôneas sobre evolução e seus impactos no ensino de biologia. **Revista Brasileira de Educação Científica**, 2018.

RONCA, A. O uso de modelos para facilitar a aprendizagem significativa. **Revista de Ciências Educativas**, v. 11, n. 2, p. 34-50, 1994.

Rotação por Estações de Aprendizagem Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/3352/blog-aula-diferente-rotacao-estacoes-de-aprendizagem>. Acesso: 20 de jun. de 2023.

SANTOS, S. **Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula**. São Paulo: Annablume, 2002. p. 38 a 41.

SANTOS, F. R. **Evolução humana: uma história de ossos e DNA**. *Ciência & Ambiente*, n. 48, p. 48-57, 2014. Disponível em: <https://labs.icb.ufmg.br/lbem/pdf/Santos14C%26A-evolhum.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2025.

SANTOS, F. R. **A grande árvore genealógica humana**. *Revista UFMG*, v. 21, n. 1 e 2, p. 88-113, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334035246_A_GRANDE_ARVORE_GENEALOGICA_HUMANA. Acesso em: 23 fev. 2025.

SANTOS, C.M.D; CALOR, A.R. **Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética-I**. *Ciência & Ensino*, vol. 1, n. 2, junho de 2007.

SANTOS, Fabrício R. **Evolução humana: uma história de ossos e DNA**. *Ciência & Ambiente*, v. 1, p. 1-12, jan./jun. 2014. Disponível em: <<http://labs.icb.ufmg.br/lbem/pdf/Santos14C&A-evolhum.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2024.

SANTOS, V. G.; GALEMBECK, E. **Sequência Didática com Enfoque Investigativo: Alterações Significativas na Elaboração de Hipóteses e Estruturação de Perguntas Realizadas por Alunos do Ensino Fundamental**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências RBPEC* v. 18, n. 3, 879–904. Dezembro, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4802/3027> Acesso em: 20 ago 2024.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola**. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, MG, v. 17, n. esp, p. 49–67, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04> Acesso em: 20 ago. 2024.

SASSERON, L. H., & CARVALHO, A. M. P. **Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246> Acesso em: 20 agosto de 2024.

SCOTT, E. **Evolution versus creationism: an introduction**. Berkeley: University of California Press, v. 2, 2004. 352 p.

SEPEL, L.; LORETO, E. **Modelos didáticos e ensino de biologia**. *Revista de Educação Científica*, v. 14, n. 2, p. 89-110, 2007.

SILVA, R. & PENIDO, L. **Problematização no ensino de ciências: perspectivas e desafios**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2011.

SILVA, Mariana; BATISTA, Camila. **Inclusão e ensino de Ciências com recursos táteis: um estudo de caso**. *Revista Educação Especial*, v. 25, n. 2, p. 245-260, 2018.

SILVA, João; MARTINS, Cláudia; BATISTA, Camila. **Planejamento e desafios na utilização de tecnologias educacionais**. *Revista de Educação Científica e Tecnológica*, v. 11, n. 3, p. 33-47, 2021.

SILVA, Juliana Lins da, COSTA, Michel da, SILVA, Aparecido Fernando da, TAVARES, Elisabeth dos Santos. **Práticas pedagógicas com uso de materiais manipuláveis: possibilidades nos anos iniciais do ensino fundamental sob a ótica da BNCC**. 2020, Disponível em: <https://periodicosunimes.unimesvirtual.com.br/index.php/formacao/index>. Acesso em: 16 mar 2024.

SMITH, J.; CLARK, P. **O papel da mediação docente no uso de materiais manipulativos no ensino**. *Journal of Pedagogical Innovations*, v. 15, n. 2, p. 123-140, 2018.

SOARES, J. L. **O rastro da vida: uma pequena história de bilhões de anos**. São Paulo: Moderna, 1990.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H.; **Ensino Por Investigação Como Abordagem Didática: Desenvolvimento de Práticas Científicas Escolares**. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF. 2015. Disponível em: <https://www.cecimig.fae.ufmg.br/images/SolinoFerrazeSasseron2015.pdf>. Acesso em: 17 jul 2024.

TATTERSALL, Ian. **The Fossil Trail: How We Know What We Think We Know About Human Evolution**. Oxford: Oxford University Press, 2009.

TAKAGAKI, Luiz Koiti. **Tecnologia de impressão 3D**. Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, v.2, n.2. p.2840. jul./dez.2012. Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/utfpr-ct-arcaz_files/original/64faa29d0fcd85b0ccd9399c8bae0df8.pdf. Acesso em 12 jul. 2024.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem significativa e o ensino de ciências**. *Ciênc. cogn.* Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 94-100, mar. 2008. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180658212008000100010&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 14 mar. 2024.

TONIDANDEL, S. M. **Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica. O desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação**. 2013. 342 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-18122014-100501/publico/SANDRA_MARIA_RUDELLA_TONIDANDEL_rev.pdf Acesso em: 21 ago. 2024.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. **Ensino Por Investigação: Eixos Organizadores Para Sequências De Ensino De Biologia**. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.* (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 97-114, Nov. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198321172015000400097lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 set. 2024.

TRUST, T.; MALOY, R. **Collaborative Learning Through 3D Design**. *Journal of Educational Innovation*, v. 16, n. 2, p. 234-252, 2021.

UZUNIAN, A.; PINSETA, D. E.; SASSON, S. **Biologia: Introdução à Biologia**. (Livro 1). São Paulo: Gráfica e Editora Anglo, 1991.

VALOTTA, L.A, ANDRADE, S.T., BORGES, O.F., PETROLIO, C., RENAULT, L.M.P. **Frequência de genes em populações: Subsídios para o ensino de Evolução e seleção natural**. VII EPEB. FEUSP. São Paulo. SP.2000.

VASCONCELOS, Simão Dias; SOUTO, Emanuel. **O livro didático de ciências no ensino fundamental: proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico**. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 12, n. 1, p. 113-128, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/GPVrSHkbgqs46FYZvkYth9fg/>. Acesso em: 5 mar. 2025.

VIEIRA, A. **Alfabetização científica e ensino investigativo: uma proposta para a educação básica**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1978.

WULANDARI, D. et al. **Applications of 3D Printing in Engineering Education**. *Procedia Computer Science*, v. 172, p. 95-102, 2020.

XAVIER, R. A., GUIMARÃES, E. M.; FALCOMER, V. A. S.; **Sequência didática investigativa para trabalhar a temática metamorfose em sala de aula**. Proposta da ação profissional, v 11, 2016. Programa De Pós-Graduação Em Ensino De Ciências Mestrado Profissional Em Ensino De Ciências Universidade de Brasília. Brasília – DF 2016. Disponível em: http://ppgec.unb.br/wp_content/uploads/boletins/volume11/6_2016_RodrigoXavier.pdf. Acesso em: 17 jul 2024.

ZABALA, A. **A Prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998. Disponível em: <https://www.ifmg.edu.br/ribeiraodasneves/noticias/vem-ai-o-iii-ifmg-debate/zabala-a-pratica-educativa.pdf> Acesso em: 08 set 2024.

ZABALA, A. **Como Ensinar e Aprender Competências**. Tradução de Ernani Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 2010. Disponível em: <https://www.ifmg.edu.br/ribeiraodasneves/noticias/vem-ai-o-iii-ifmg-debate/zabala-a-pratica-educativa.pdf> Acesso em: 08 set 2024.

YORE, Larry D.; HAND, Brian. **Implications of research on science writing for science teaching**. *International Journal of Science Education*, v. 32, n. 4, p. 391-411, 2010.

APÊNDICE I

Produto Educacional – Réplicas de Crânios em 3D para o Estudo de Evolução Humana

IMAGEM 1: RÉPLICA *Gorilla sp.*- IMAGEM EM 3D DO CRÂNIO DE UM GORILA MACHO ADULTO. Note as estruturas anatômicas, como a crista sagital no alto da cabeça, os grandes dentes molares e o amplo espaço entre o arco zigomático e o osso temporal, voltadas também para uma mastigação possante.



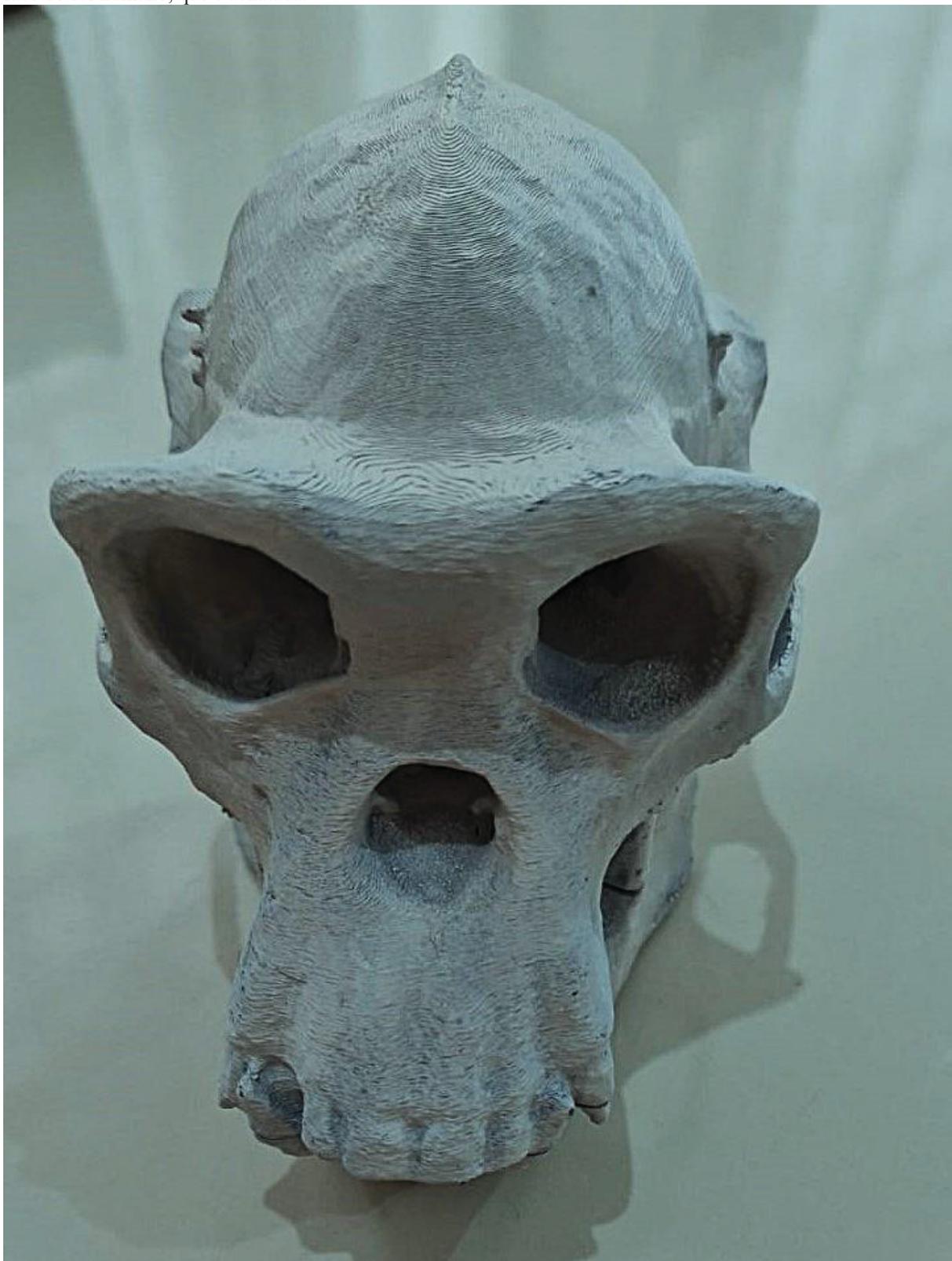
FONTE: A autora.

IMAGEM 2: RÉPLICA EM 3D CRÂNIO *Gorilla sp.* A imagem está posicionada de forma a destacar a localização e a orientação do forame magno, a abertura na base do crânio por onde a medula espinhal se conecta ao cérebro. Posicionado mais posteriormente, próximo à parte traseira do crânio, refletindo a postura predominantemente quadrúpede do animal. A abertura tem um formato ovalado e é rodeada pelo osso occipital robusto.



FONTE: A autora.

IMAGEM 3: RÉPLICA EM 3D DO CRÂNIO DE *Pan troglodytes*. Observe a mandíbula prognática do chimpanzé e a arcada dentária superior, mostrando uma diferença importante entre a mandíbula prognática do chimpanzé e a face do ser humano, que é achatada.



Fonte: A autora.

IMAGEM 4: EXIBE UMA RÉPLICA TRIDIMENSIONAL DO CRÂNIO DE UM CHIMPANZÉ (*Pan troglodytes*). Destaque para o forame magno que está posicionado levemente mais anterior em comparação aos gorilas, mas ainda deslocado para trás em relação aos humanos. A forma da abertura é ovalada e está rodeada por um osso occipital menos robusto do que em *Gorilla sp.*



FONTE: A autora.

IMAGEM5: RÉPLICA DO CRÂNIO EM 3D CHIMPANZÉ NEONATO. Observa-se semelhanças que indicam, durante o desenvolvimento inicial, tanto chimpanzés quanto humanos compartilham características cranianas comuns, refletindo um padrão de crescimento que diverge à medida que cada espécie atinge a maturidade.



FONTE: A autora.

IMAGEM 6: RÉPLICA EM 3D DO CRÂNIO DE UM FILHOTE DE CHIMPANZÉ (*Pan troglodytes*). Destacando a posição do forame magno o qual está mais centralizado em comparação ao de adultos, refletindo uma posição cefálica mais próxima à dos humanos. O crânio é proporcionalmente maior em relação ao rosto, pois os chimpanzés bebês possuem menor desenvolvimento da face prognata. As suturas cranianas são mais visíveis e abertas, indicando um estágio inicial de crescimento.



FONTE: A autora.

IMAGEM 7: RÉPLICA EM 3D CRÂNIO *Australopithecus afarensis*. Observe a arcada dentária em forma de "U", com diastema entre os incisivos e os caninos, permitindo a acomodação dos dentes mais alongados, uma característica típica de primatas mais primitivos.



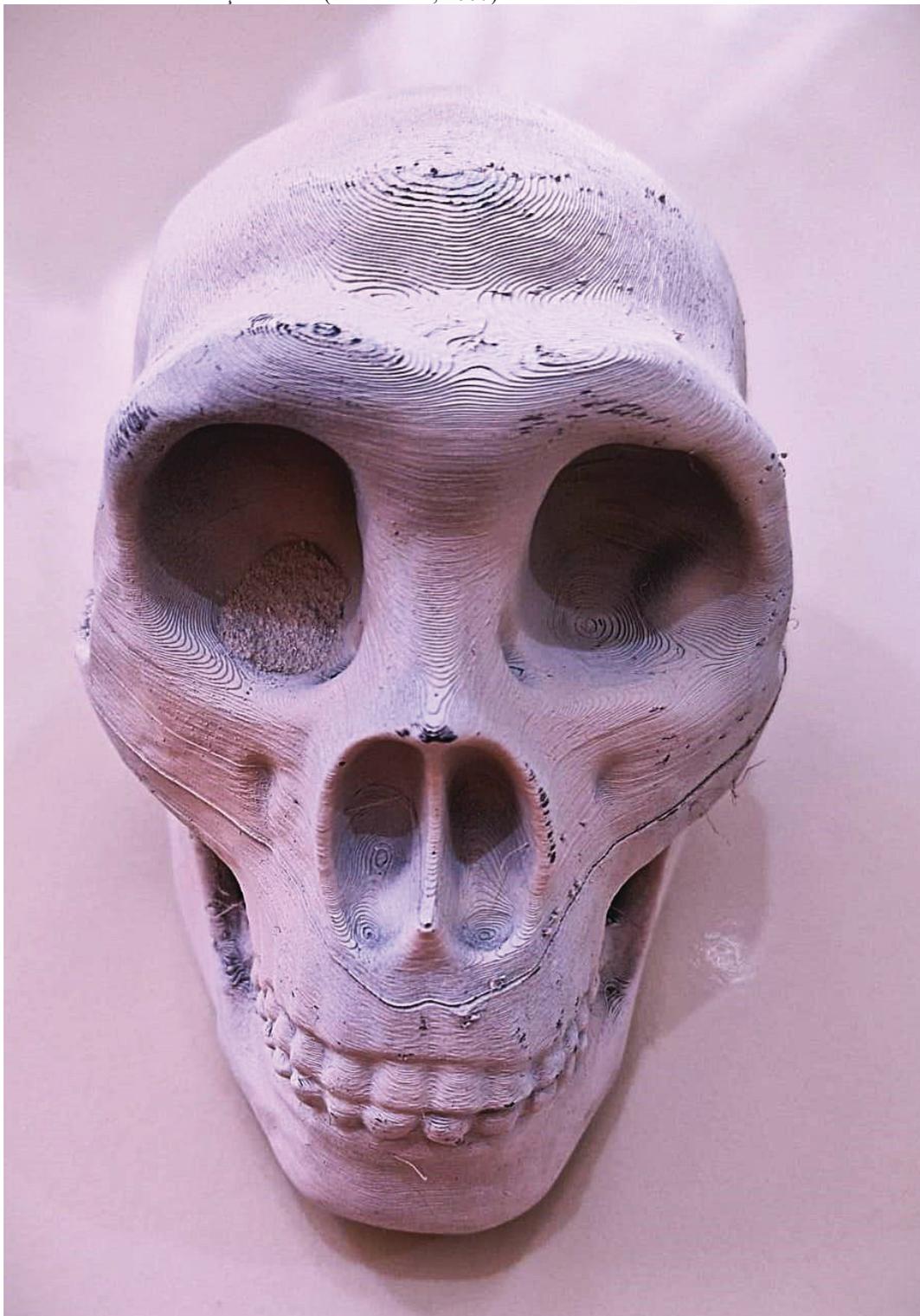
FONTE: A autora.

IMAGEM 8: RÉPLICA EM 3D *Australopithecus afarensis*. Destacando o forame magno, mais centralizado na base do crânio, indicando uma postura bípede. O crânio é relativamente pequeno, com um volume cerebral estimado entre 380-430 cm³. A posição do forame magno em *A. afarensis* sugere que a espécie já se locomovia predominantemente sobre duas pernas. Esse é um dos principais indícios fósseis da transição para o bipedalismo na linhagem humana



FONTE: A autora.

IMAGEM 9: RÉPLICA CRÂNIO EM 3D *Homo neanderthalensis*. Observa-se um aspecto marcante do crânio neandertal que é a presença de arcos supraciliares (testa proeminente), que eram muito mais desenvolvidos do que nos humanos modernos. Essa característica pode estar relacionada à estrutura muscular da face ou a fatores evolutivos de comunicação visual (Lieberman, 2007).



FONTE: A autora.

IMAGEM 10: RÉPLICA DO CRÂNIO EM 3D DO *Homo neanderthalensis*. Imagem com foco no forame magno que está bem centralizado, confirmando a locomoção totalmente bípede. O crânio apresenta um volume cerebral grande, entre 1200-1750 cm³, maior que o do *Homo sapiens*. A base do crânio é mais alongada, e a estrutura óssea é robusta, refletindo adaptações ao clima frio.



FONTE: A autora.

IMAGEM 11: RÉPLICA DO CRÂNIO EM 3D DO *Homo erectus*. observa-se a prognatia reduzida em comparação com seus antecessores, como o *Australopithecus afarensis*, indicando um avanço na morfologia craniana em direção ao padrão humano moderno (Rightmire, 1990).



FONTE: A autora.

IMAGEM 12: RÉPLICA EM 3D DO CRÂNIO DO *Homo erectus*. O crânio tem uma capacidade craniana entre 850-1100 cm³, maior que a dos australopitecos, mas menor que a do *Homo sapiens*. A base do crânio é mais achatada e alongada, refletindo uma adaptação a uma marcha eficiente e sustentada.



FONTE: A autora.

IMAGEM 13: RÉPLICA EM 3D CRÂNIO *Homo sapiens*. Observa-se características distintivas como a testa alta e vertical, arcos supraciliares reduzidos, face retraída e mandíbula reduzida, queixo proeminente (mento ósseo).



FONTE: A autora.

IMAGEM 14: RÉPLICA EM 3D DO CRÂNIO DO *Homo sapiens*. O forame magno está posicionado na parte mais central e inferior do crânio, um indicativo claro da locomoção bípede totalmente ereta. O crânio possui uma capacidade craniana média de cerca de 1350 cm³, sendo mais arredondado em comparação com outras espécies do gênero *Homo*. A base do crânio é relativamente curta e compacta, contribuindo para o equilíbrio da cabeça sobre a coluna vertebral.



Fonte: A autora.

APÊNDICE II

Produto Educacional – E-book: Sequência Didática para a Temática Evolução Humana.

Link:

https://www.canva.com/design/DAGXHE0cM_4/ul-enFEfzVhhh1WEaOJtEA/view?utm_content=DAGXHE0cM_4&utm_campaign=share_your_design&utm_medium=link2&utm_source=shareyourdesignpanel



AGRADECIMENTO

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



De acordo com os termos seguintes :

1. Atribuição - Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças forem feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.
2. Não comercial - Você não pode usar o material para fins comerciais.
3. Compartilha igual - Se você remixar, transformar ou criar a partir do material, tem de distribuir as suas contribuições sob a mesma licença que o original.
4. Sem restrições adicionais - Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.

Prezado Professor

É um prazer compartilhar esse material com você. Meu nome é Ita Márcia de Lima e sou professora de Biologia da rede pública do Estado de Santa Catarina.

Este material integra uma parte fundamental da minha Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) - Universidade Federal do Paraná (UFPR), destacando-se pelo uso de uma abordagem investigativa e ativa, que foi produzido com dedicação e carinho, para explorar nas aulas de Biologia o tema Evolução Humana, utilizando tecnologia 3D como recurso pedagógico inovador.

O que é este material?

Este material foi pensado para enriquecer nossas aulas de Biologia quando tratamos da temática Evolução Humana. Ele oferece atividades detalhadas sobre o assunto, abordando não apenas a sua importância mas promovendo uma compreensão de que o ser humano faz parte das complexas dinâmicas do ambiente, enfatizando a interação e interdependência entre a biologia humana e os processos evolutivos.

O que você encontrará no material?

- Oito aulas organizadas em três unidades principais: “Descobrimos a Evolução”, “Conhecendo Nossos Antepassados” e “Construção de Conceitos”.
- Conteúdos educacionais alinhados ao Currículo base de Santa Catarina e a BNCC.
- Atividades práticas e recursos prontos para serem usados em sala de aula.
- Links para a impressão das réplicas anatômicas tridimensionais (3D).

Benefícios para nossos alunos:

Utilizando este material, nossos alunos terão a oportunidade de vivenciar a Ciência de forma prática e significativa, inspirando o protagonismo e a curiosidade científica no estudo da evolução humana. Portanto, não apenas enriqueceremos nossas aulas, mas também contribuiremos para o desenvolvimento de cidadãos conscientes e responsáveis.

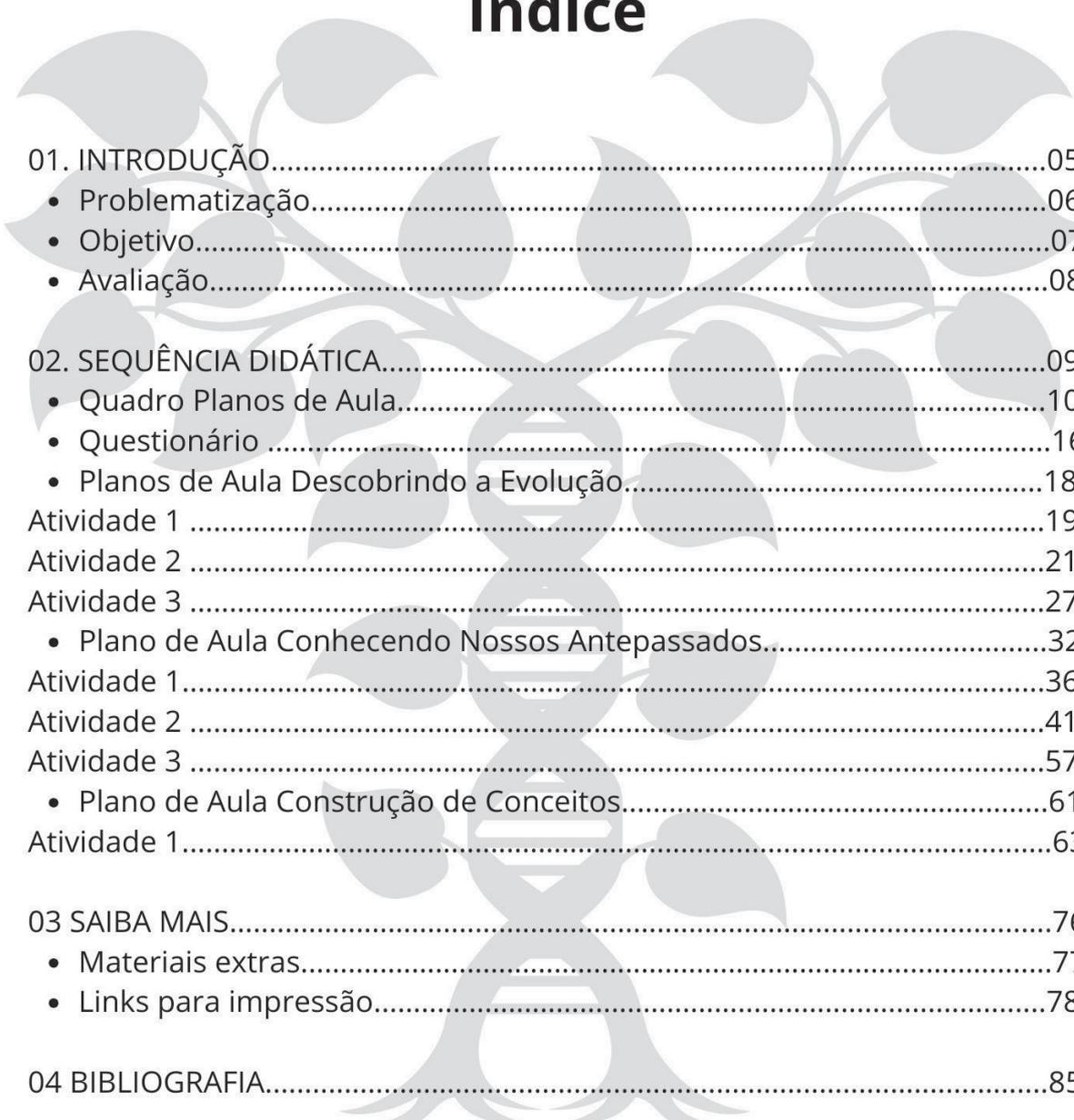
Caso surja alguma dúvida na utilização deste material você pode entrar em contato comigo pelo e-mail abaixo.

Vamos fazer a diferença nas vidas de nossos alunos e em nossa comunidade. Juntos podemos transformar a educação em algo inesquecível e impactante.

Com carinho,
Ita Márcia de Lima

E-mail: italima_mar@hotmail.com

Índice



01. INTRODUÇÃO.....	05
• Problematização.....	06
• Objetivo.....	07
• Avaliação.....	08
02. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	09
• Quadro Planos de Aula.....	10
• Questionário	16
• Planos de Aula Descobrimo a Evolução.....	18
Atividade 1	19
Atividade 2	21
Atividade 3	27
• Plano de Aula Conhecendo Nossos Antepassados.....	32
Atividade 1.....	36
Atividade 2	41
Atividade 3	57
• Plano de Aula Construção de Conceitos.....	61
Atividade 1.....	63
03 SAIBA MAIS.....	76
• Materiais extras.....	77
• Links para impressão.....	78
04 BIBLIOGRAFIA.....	85



PROBLEMATIZAÇÃO

A evolução biológica é amplamente considerada pela comunidade científica como o eixo central que organiza e unifica as ciências biológicas, oferecendo uma base teórica essencial para a compreensão de uma diversidade de conceitos e teorias nessa área (El-Hani; Meyer; El-Hani, 2005). Entretanto, o ensino de temas como a evolução humana enfrenta significativos desafios culturais e sociais, que muitas vezes dificultam a compreensão e aceitação desse conhecimento em ambientes escolares.

Diante desse contexto, torna-se indispensável desenvolver práticas pedagógicas que não apenas transmitam o conhecimento científico, mas também promovam uma reflexão crítica sobre as origens e a evolução da espécie humana. A integração de tecnologias 3D na criação de materiais didáticos é uma estratégia inovadora, que facilita a visualização dos processos evolutivos, tornando o conteúdo mais acessível e envolvente para os alunos.



OBJETIVO

Esta sequência visa explorar os conceitos que sustentam a evolução humana por meio de atividades significativas, integrando o uso da tecnologia 3D como recurso pedagógico.



Os modelos didáticos podem ser utilizados como ferramenta de ensino aprendizagem para a Biologia, estimulando a curiosidade dos alunos, uma vez que o professor tem disponível a manipulação de modelos tridimensionais permitindo a compressão de forma prática superando as limitações da teoria. Sua capacidade de materializar conceitos abstratos em modelos tridimensionais palpáveis transforma significativamente a forma como os alunos interagem com o conhecimento, promovendo aprendizagens mais significativas (Duré; Andrade; Abílio, 2018, p. 262).

A partir de um bom planejamento do professor e a viabilidade do uso da tecnologia, é possível vivenciar e ampliar o que é trabalhado no Currículo de Santa Catarina e na Base Nacional Comum Curricular.

AVALIAÇÃO

É uma etapa essencial no processo de ensino-aprendizagem, pois além de possibilitar o acompanhamento do desenvolvimento dos alunos, oferece ao professor subsídios para analisar a efetividade de sua prática pedagógica.

Cada etapa da sequência de atividades será acompanhada por instrumentos avaliativos diversificados, alinhados à natureza dos conteúdos abordados, abrangendo aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais. A avaliação será conduzida de forma contínua e processual, garantindo uma visão integral e dinâmica do progresso dos alunos ao longo do processo educativo.



PLANOS DE AULA

Abaixo você encontra o título do Plano de Aula, seu conteúdo, a habilidade da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os objetivos. As atividades presentes nos planos estão adaptados de forma que permita que sejam aplicados de forma independente ou em sequência. Dessa forma distribuimos os conteúdos mencionados em uma ou mais atividades, para que o professor possa utilizá-lo de acordo com o tempo disponível.

OBSERVAÇÃO: As folhas com atividades dos planos que podem ser entregues ao aluno tem esse desenho no canto superior direito



Sequência Didática	Conteúdo	Competências e Habilidades do Currículo (BNCC)	Objetivos
EVOLUÇÃO HUMANA	<p>Descobrimos a Evolução</p> <p>Fé e Ciência: diferentes empreendimentos e seus contextos;</p> <p>Evolução humana: Ancestralidade comum. Coexistência entre espécies desmistificando a evolução linear.</p>	<p>Competência Geral 2: Exercitar curiosidade científica, investigação e análise crítica.</p> <p>Habilidade (EM13CNT304): Discutir evidências científicas da evolução, como fósseis, anatomia comparada e genética, relacionando-as ao processo evolutivo.</p>	<p>Dialogar sobre as concepções prévias acerca da origem do ser humano.</p> <p>Entender o conceito de evolução biológica.</p> <p>Compreender o processo não linear da evolução humana.</p>

Sequência Didática	Conteúdo	Competências e Habilidades do Currículo (BNCC)	Objetivos
EVOLUÇÃO HUMANA	<p>Fatores que possibilitaram o processo evolutivo da espécie humana:</p> <p>Fatores biológicos. Fatores comportamentais.</p> <p>Principais espécies de hominíneos.</p> <p>Evidências do processo evolutivo.</p>	<p>Competência Específica de Ciências da Natureza 3: Compreender a evolução como base para a biodiversidade e o processo de adaptação dos seres vivos.</p> <p>Habilidade (EM13CNT303): Analisar e interpretar evidências científicas, como fósseis e registros genéticos, que explicam a origem e evolução dos seres vivos, considerando a diversidade biológica.</p> <p>Habilidade (EM13CNT301): Compreender os mecanismos evolutivos, como seleção natural, mutação e recombinação genética, relacionando-os à adaptação das espécies aos ambientes.</p>	<p>Compreender o processo da evolução humana e seus desdobramentos.</p> <p>Reconhecer a existência de várias espécies de hominíneos.</p>

Sequência Didática	Conteúdo	Competências e Habilidades do Currículo (BNCC)	Objetivos
EVOLUÇÃO HUMANA	<p>Interpretação dos conceitos de evolução e adaptação, pelo estabelecimento de correlações com a evolução do homem.</p> <p>Observação, comparação e estabelecimento de relações.</p> <p>Elaboração de hipóteses e suposições.</p>	Habilidade (EM13CNT305): Avaliar o impacto das atividades humanas sobre a biodiversidade e os ecossistemas, considerando a perspectiva evolutiva.	<p>Estabelecimento de correlações com o surgimento da espécie Homo sapiens.</p> <p>Conscientização de que a evolução biológica é um processo que ocorre continuamente.</p>



PLANO DE AULA

Antes da utilização dos modelos tridimensionais - DESCOBRINDO A EVOLUÇÃO

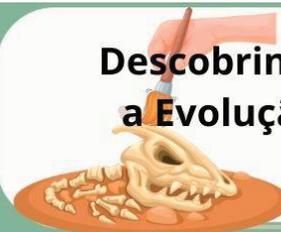
3D

PLANO DE AULA

Objetivos

- Dialogar sobre as concepções prévias acerca da origem do ser humano.
- Entender o conceito de evolução biológica.
- Compreender o processo não linear da evolução humana.

Descobrimos a Evolução



Tempo Estimado
3 Aulas



Recursos:



lousa;
computador;
Recursos audiovisuais



3 Atividades

Conteúdos

Conceituais

- Fé e Ciência.
- Evolução humana: Ancestralidade comum.
- Coexistência entre espécies desmistificando a evolução linear.

Procedimentais

- Reflexão acerca das diferentes concepções sobre a origem do homem, identificando a importância do conhecimento científico em seu contexto;
- Desenvolvimento e aprimoramento das habilidades de ler, escrever, interpretar, pesquisar, socializar, perguntar;
- Interpretação dos conceitos de evolução e adaptação, pelo estabelecimento de correlações com a evolução do ser humano.

Atitudinais

- Respeito às diferenças.
- Desenvolvimento do interesse pelas ideias científicas, percebendo que ela é dinâmica.
- Percepção do homem (si mesmo) como um integrante do ambiente.
- Conscientização de que a evolução biológica é um processo que ocorre continuamente.

Apresentação

Antes do início da aplicação da sequência didática o professor pode aplicar o **QUESTIONÁRIO I**, disponível na próxima página do E-book, para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes e conseguir perceber os pontos de maior relevância em relação as dúvidas e dificuldades dos alunos sobre o assunto.

Na sequência organizar a sala de aula, a qual pode ser em formato de círculo, possibilitando que todos os alunos se vejam e dialoguem entre si. Inicie a aula perguntando aos alunos **“De onde viemos?”**. Garanta que os estudantes tenham tempo para refletir antes de responder. À medida que os alunos compartilham suas ideias, registre-as na lousa ou em um mural digital visível para todos. Incentive uma escuta ativa e o respeito às diferentes opiniões.

Após a exposição das ideias e concepções dos estudantes, projete a Imagem I do material de apoio disponível ao final de cada plano de aula. Permita que os alunos a analisem e interpretem. Pergunte: O que essa imagem representa? Como podemos interpretá-la à luz da ciência e da cultura? Em seguida, solicite que expressem suas interpretações por meio de palavras-chave, que deverão ser listadas na lousa. A partir dessas palavras, estabeleça uma discussão reflexiva.

ATIVIDADE 1 - Discussão Reflexiva

Aborde a distinção entre fé e ciência como abordagens distintas, mas não necessariamente conflitantes. Aproveite esse momento para esclarecer o objetivo da disciplina de Biologia no estudo da evolução biológica, incentivando reflexões sobre a relevância da ciência para a sociedade contemporânea e seu papel no entendimento da origem humana.

Encerre solicitando aos alunos que elaborem pequenas hipóteses ou perguntas investigativas baseadas na discussão. Exemplos:

- Como o estudo da evolução pode contribuir para compreender a biodiversidade atual?
 - Quais perguntas sobre a origem humana a ciência ainda busca responder?
-
- **Dica para Mediação:** É essencial evitar juízos de valor. Caso surjam declarações controversas, reformule as questões de maneira aberta e investigativa. Exemplos: O que sustenta essa perspectiva? Que evidências a ciência apresenta sobre isso?

QUESTIONÁRIO – EVOLUÇÃO HUMANA

Proposta de questionário para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre a temática evolução humana.

O que você entende por "evolução" no contexto biológico?

- a) Mudanças individuais em um organismo ao longo do tempo.*
- b) Processo pelo qual os seres vivos se desenvolvem durante a vida.*
- c) Mudanças nas características de uma população de seres vivos ao longo de gerações.*
- d) Algo relacionado a extinção de espécies.*

O que é uma espécie ancestral?

- a) Um antepassado de uma única espécie.*
- b) Um organismo que viveu há muito tempo e já não existe.*
- c) Um organismo que é ancestral de diferentes espécies existentes.*
- d) Um organismo que se originou em outro planeta.*

Você já ouviu falar que o homem veio (ou descende) do macaco?

-]a) Sim*
- b) Não*

Qual é a ideia principal por trás da afirmação "O homem veio do macaco"?

- a) Os seres humanos são descendentes diretos dos macacos modernos.*
- b) Macacos e seres humanos compartilham um ancestral comum que viveu há milhões de anos.*
- c) Os seres humanos são uma espécie completamente diferente e não possuem relação com os macacos.*

O que é um ancestral comum em relação aos seres humanos e aos macacos?

- a) Um macaco moderno que se transformou em ser humano ao longo do tempo.*
- b) Um ser humano do passado que se transformou em um macaco moderno.*
- c) Um organismo que é ancestral tanto dos seres humanos quanto dos macacos atuais.*
- d) A visão científica afirma que os humanos descendem diretamente de macacos modernos, o que é amplamente aceito.*

Qual é a teoria que explica a evolução das espécies, incluindo os seres humanos?

- a) Teoria do Criacionismo.*
- b) Teoria da Relatividade.*
- c) Teoria da Evolução de Darwin.*

Qual é a importância dos fósseis na compreensão da evolução, inclusive a humana?

- a) Fósseis são restos de dinossauros.*
- b) Fósseis são evidências das mudanças ao longo do tempo e das espécies antigas, incluindo os ancestrais humanos.*
- c) Fósseis são evidências de animais extintos que não têm relação com os seres humanos.*

Seres humanos, chimpanzés e gorilas são primatas

- a) Apenas chimpanzés e gorilas são primatas.*
- b) Humanos, chimpanzés e gorilas são primatas.*

A espécie humana representa o ápice da evolução, ou seja, os humanos são os seres mais evoluídos de todos os seres vivos.

- a) Verdadeiro*
- b) Falso*

Os seres vivos mudam ao longo do tempo para adaptarem-se ao meio ambiente em que vivem.

- a) Verdadeiro*
- b) Falso*

A Evolução é uma teoria baseada apenas em suposições, não em evidências.

- a) Verdadeiro*
- b) Falso*

Você já participou de alguma aula ou atividade que abordou o tema Evolução Humana? Se sim, como foi essa experiência?

- a) Sim, já participei de uma aula ou atividade que abordou o tema Evolução Humana.*
 - b) Não, nunca participei de uma aula ou atividade que abordasse o tema Evolução Humana.*
 - c) Não me lembro se já participei de uma aula ou atividade sobre o tema Evolução Humana.*
 - d) Outro _____*
-
-
-

Você já participou de alguma aula ou atividade que usou material didático em 3D?

- a) Sim*
- b) Não*

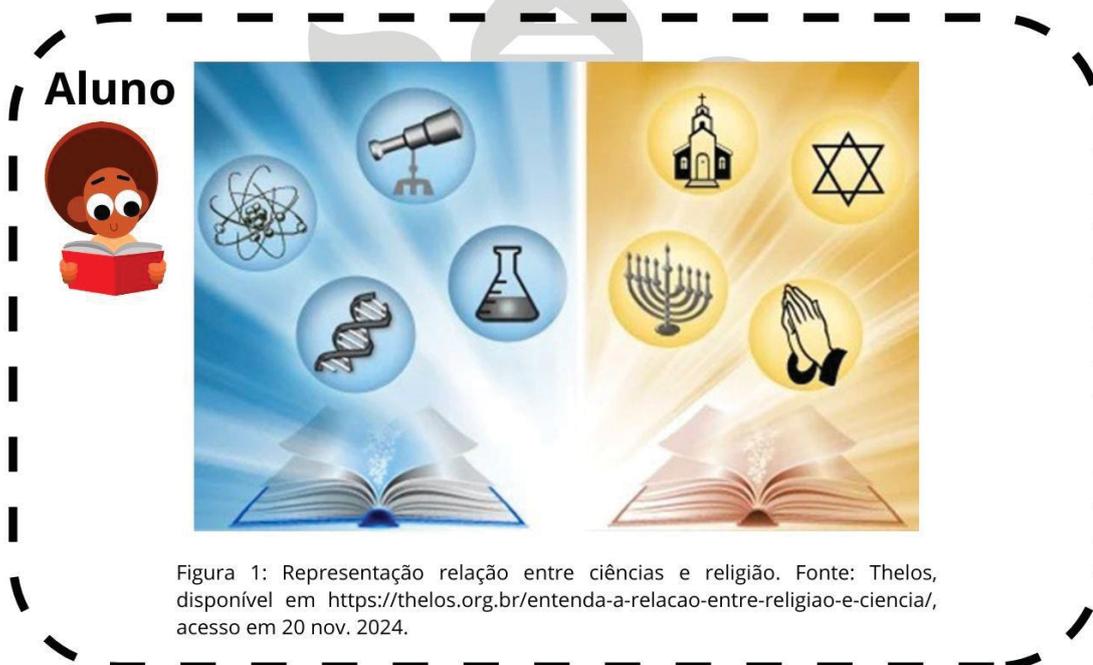
MATERIAL DE APOIO

Plano de Aula - Descobrimo a Evoluçã

ATIVIDADE 1 - Discussão Reflexiva

A primeira atividade tem como objetivo acessar as concepções prévias dos estudantes acerca da origem humana, promovendo a tomada de consciência sobre suas próprias ideias. Esse processo busca minimizar possíveis conflitos entre crenças pessoais e o conhecimento científico. Nesse momento, é fundamental que o professor atue como mediador, conduzindo a exposição das ideias dos alunos de maneira reflexiva e dialogada. Essa etapa será pautada à partir do respeito aos pressupostos culturais dos estudantes, e sobretudo, demonstrar que ciência e religião não estão de lados opostos, mas tratam-se de empreendimentos humanos que precisam ser reconhecidos e valorizados nos seus devidos contextos.

Imagem I - Ciências e religião



MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR
Plano de Aula -
Descobrimdo a Evolução

Professor Artigo: A REINVENÇÃO DA RODA: RODA DE CONVERSA: UM INSTRUMENTO METODOLÓGICO POSSÍVEL.



Artigo: EVOLUÇÃO X CRIACIONISMO NA ESCOLA: QUAIS OS OBJETIVOS DO ENSINO DE BIOLOGIA?

Texto: Equívocos sobre evolução e religião.

Texto: A ciência tem limites: algumas coisas que a ciência não faz.

Texto: Dez grandes casos judiciais sobre evolução e criacionismo.

ATIVIDADE 2 - O Homem e o Macaco

No quadro, o professor destacará a frase: **“Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos?”** Conduza um breve diálogo para registrar as percepções iniciais dos estudantes, incentivando o levantamento de hipóteses e questionamentos.

Vídeos: Em seguida, os alunos assistirão a dois vídeos da série de três que compõem a reportagem sobre evolução humana do programa Globo Ciência, intitulada: “Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos?”. Os vídeos selecionados abordarão conteúdos diversos sobre Evolução Humana. Os links dos vídeos se encontram no material de apoio do professor.

Parte 1 (duração: 4min34s) – O surgimento dos primeiros seres vivos e um histórico sobre a Terra Primitiva. Perguntas para Reflexão:

- Como as condições da Terra influenciaram o surgimento da vida?
- Por que é importante entender as origens da vida para estudar evolução?

Parte 2 (duração: 4min59s) – A formação da vida e a ancestralidade comum. Perguntas para Reflexão:

- O que significa ter um “ancestral comum”?
- Como isso se aplica aos humanos e outros primatas?

Garanta que as discussões se mantenham no campo científico, promovendo a desconstrução de mitos, como a ideia de “progressão linear”.

Atividade Investigativa

- Leitura e análise do texto “Primatas” disponível no material de apoio do aluno. Distribua o texto e peça que os alunos, em grupos, leiam e anotem características únicas e compartilhadas dos primatas.
- Após leitura e discussão, os alunos poderão preencher a tabela, disponibilizada no material de apoio do aluno, utilizando informações do texto.

Após pergunte:

- Como características compartilhadas reforçam a ideia de ancestralidade comum?
- Por que algumas adaptações são únicas ao gênero *Homo*?

Discussão Final - “Evolução é apenas uma teoria?”. Explique o que é uma teoria científica: um conjunto de hipóteses amplamente testadas e corroboradas por evidências. Compare com exemplos como a Teoria da Gravidade e a Teoria Atômica.

Pergunte:

- O que diferencia uma teoria científica de uma opinião ou crença?
- Por que é importante compreender a evolução no contexto científico?

MATERIAL DE APOIO

Plano de Aula - Descobrimdo a Evolução

ATIVIDADE 2 - O Homem e o Macaco

Desenvolver o pensamento crítico sobre a evolução humana, desmistificando conceitos errôneos e promovendo uma compreensão embasada na ciência. Nesta atividade, o professor, de forma dialógica, mediará as falas dos estudantes, incentivando reflexões fundamentadas no pensamento científico, garantindo que o foco permaneça no âmbito da ciência, sem referências a propostas religiosas. No início da atividade, será importante retomar os conceitos de evolução previamente abordados, enfatizando a compreensão de que o ser humano é parte integrante do ambiente e, assim como qualquer outro ser vivo, está sujeito aos fatores ambientais.

Adicionalmente, será essencial desconstruir a ideia do ser humano como ápice do processo evolutivo, bem como a noção de evolução como um sinônimo de progresso linear. Essa abordagem visa promover uma visão mais ampla e integrada do processo evolutivo, respeitando sua complexidade e nuances.

Vídeos

Aluno



•Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos? parte1

•Se o homem evolui do macaco, por que ainda existem macacos? Parte 2



Primatas



A maioria dos primatas tem mãos e pés adaptados para agarrar, e seus dedos têm unhas achatadas, em vez de garras estreitas como outros mamíferos. Todos apresentam um polegar relativamente móvel e separado dos outros dedos, mas os macacos em geral têm efetivamente um polegar opositor, que auxilia na manipulação de objetos pelas mãos.

Possuem cérebros grandes e mandíbulas curtas, o que lhes confere a face achatada. Seus olhos voltados para frente estão próximos entre si na parte frontal, a sobreposição dos campos visuais aumenta a percepção de profundidade, vantagem óbvia para o animal que se balança. Os primatas também exibem cuidados parentais bem desenvolvidos e comportamento social complexo, além da capacidade de utilização de ferramentas simples.

Há três grupos principais de primatas atuais: (1) os lêmures de Madagascar, os lóris de galápagos da África Tropical e sul da Ásia; (2) os tarsiídeos, que vivem no sudeste da Ásia; e (3) os antropoides, que incluem os macacos grandes e pequenos e são encontrados em todo o mundo.

Os macacos pequenos incluem os macacos do Novo Mundo e os macacos do Velho Mundo. Todas as espécies de macacos do Novo Mundo são arborícolas, enquanto os do Velho Mundo incluem habitantes do solo, bem como espécies arborícolas. A maioria dos integrantes dos dois grupos é diurna e geralmente vive em bandos mantidos juntos pelo comportamento social.

Os grandes macacos incluem os gêneros *Hylobates* (gibões), *Pongo* (orangotango), *Gorilla* (gorilas), *Pan* (chimpanzés e bonobos) e *Homo* (seres humanos). Todos possuem braços relativamente longos, pernas curtas e não têm cauda. A organização social varia entre os grandes macacos; gorilas e chimpanzés são altamente sociais. Por fim, comparando aos outros primatas, os grandes macacos têm cérebro maior em proporção ao tamanho do seu corpo e seu comportamento é mais flexível.

Muitos caracteres distinguem os seres humanos dos outros grandes macacos. Mas obviamente, os seres humanos têm postura ereta e são bípedes (caminham em duas pernas), possuem o cérebro muito maior e são capazes de utilizar a linguagem, os pensamentos simbólicos, a expressão artística, a manufatura e o uso de ferramentas complexas.

Referência:

REECE, J.; URRY, L.A.; CAIN, M.L.; WASSERMAN, S.A.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. J. Biologia de Campbell. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 737-742.

EXERCÍCIO

Por causa da ancestralidade comum os seres vivos apresentam características que foram herdadas de seus ancestrais e outras surgiram dentro do grupo. Analise a árvore filogenética dos primatas e leia o texto "Primatas", com as informações obtidas, relacione as características encontradas somente em humanos (gênero *Homo*), as que são encontradas no grupo Hominidae e as que são comuns de todos os primatas.

GRUPOS

1. Primatas
2. Hominidae
3. Humanos (gênero *Homo*)

CARACTERÍSTICAS

- Locomoção bípede
- Capacidade de usar ferramentas simples
- Capacidade de usar ferramentas complexas
- Linguagem
- Aprendizado social
- Polegar opositor
- Coluna vertebral ereta
- Olhos voltados para frente
- Ausência de cauda
- Expressão artística

Figura 2 – Árvore filogenética. Fonte: TRIFOLIUM VALLE (2011).

Professor



Gabarito - EXERCÍCIO

Por causa da ancestralidade comum os seres vivos apresentam características que foram herdadas de seus ancestrais e outras surgiram dentro do grupo. Analise a árvore filogenética dos primatas e leia o texto "Primatas", com as informações obtidas, relacione as características encontradas somente em humanos (gênero *Homo*), as que são encontradas no grupo Hominidae e as que são comuns de todos os primatas.

GRUPOS

1. Primatas
2. Hominidae
3. Humanos (gênero *Homo*)

CARACTERÍSTICAS

- (3) Locomoção bípede
- (2) Capacidade de usar ferramentas simples
- (3) Capacidade de usar ferramentas complexas
- (3) Linguagem
- (1) Aprendizado social
- (1) Polegar opositor
- (2) Coluna vertebral ereta
- (1) Olhos voltados para frente
- (2) Ausência de cauda
- (3) Expressão artística

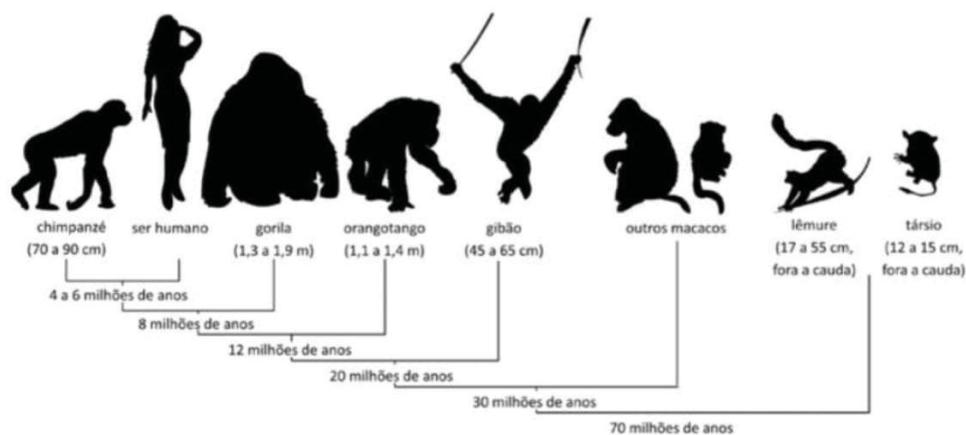


Figura 3: Diagrama mostrando as relações de parentesco entre espécies da ordem Primates. Note a colocação do *Homo sapiens* no canto superior esquerdo. Adaptado de Linhares e Gewandsnajder (2011, p.200).

ATIVIDADE 3 - *Homo sapiens*. Não fomos os únicos

Divida a turma em grupos de 4 a 5 alunos e instrua os grupos a utilizar os tablets ou celulares para pesquisarem imagens que representem a evolução humana. Após a escolha solicite que façam anotações sobre a imagem que mais encontraram e porque acreditam que essa imagem é tão difundida.

Os grupos apresentarão suas imagens escolhidas ao restante da turma, destacando o que compreenderam sobre a mensagem transmitida. Registre as imagens ou conceitos-chave no quadro, sem corrigir imediatamente.

Após as exposições, será retomado o terceiro vídeo da série "Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos?"

– Parte 3". O vídeo aborda: Diversidade dos hominídeos. Explicações sobre a coexistência de diferentes espécies de *Homo*. O mito da linearidade evolutiva. Peça que os grupos anotem pelo menos três pontos principais do vídeo.

Após assistir ao vídeo, o professor projetará a FIGURA1, disponível no material de apoio do professor, contendo representações da evolução humana: uma linear e outra ramificada. Solicite aos grupos que comparem a imagem projetada com a imagem que pesquisaram, respondendo às questões:

- Quais semelhanças e diferenças existem entre as imagens?
- Qual imagem parece mais alinhada com os conceitos apresentados no vídeo? Por quê?

Incentive uma discussão guiada para que os alunos identifiquem problemas na ideia de uma linha evolutiva reta (ex.: ideia de "progresso" ou hierarquia entre espécies).

Discussão Final - Pergunte:

Por que é comum encontrar imagens que representam a evolução de forma linear?

Quais são os perigos de interpretar a evolução humana dessa forma?

Explique que a evolução é um processo ramificado, com várias espécies coexistindo e muitas se extinguindo sem deixar descendentes diretos.

Tarefa Investigativa

- Para casa ou como atividade complementar: Peça aos alunos que pesquisem sobre espécies de hominídeos extintos, como *Homo neanderthalensis* ou *Homo floresiensis*, destacando características, coexistência com os *Homo sapiens* e hipóteses sobre suas extinções.

Avaliação

- Avalie as respostas dos alunos com base em sua compreensão dos conceitos trabalhados e na qualidade de seus argumentos.
- Observe a participação dos alunos durante as discussões em grupo e em sala de aula.
- Avalie as apresentações dos grupos com base na qualidade das informações fornecidas.
- Reflexão Escrita: Peça que os alunos escrevam um breve texto respondendo à pergunta inicial: "Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos?".



MATERIAL DE APOIO

Plano de Aula - Descobrimdo a Evolução

ATIVIDADE 3 - *Homo sapiens* não fomos os únicos.

Nesta atividade, os alunos trabalharão em grupos, com o objetivo de desenvolver uma compreensão clara sobre o conceito de ancestralidade comum. Além disso, será enfatizada a importância de realizar pesquisas criteriosas, utilizando fontes confiáveis, tanto para textos quanto para imagens. Os estudantes serão orientados a analisar criticamente o conteúdo, compreendendo que, mesmo em buscas exclusivamente por imagens, é fundamental interpretar o contexto em que estas estão inseridas, garantindo a precisão e a relevância das informações obtidas.

Aluno

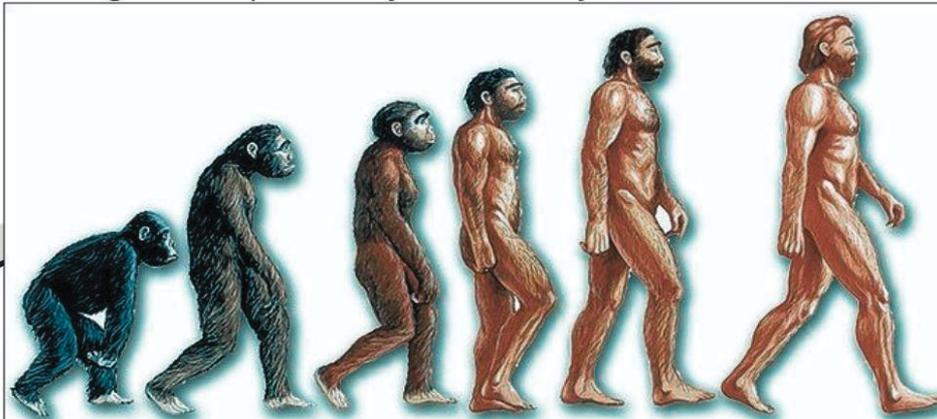


Vídeo [-Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos? parte3](#)

Imagem 4 : [Representação equivocada da evolução humana.](#)

Imagens 5: [Sapiens, uma nova história da humanidade.](#)

Figura 4: Representação da Evolução Humana Linear



Fonte: ARAGUAIA, Mariana. Evolução Humana. Mundo Educação, 2025. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/evolucao-humana.htm>.

É relevante destacar que os vídeos assistidos fornecerão a base necessária para que os estudantes reflitam sobre o significado da evolução humana, permitindo considerar hipóteses, como a de que esse processo não ocorreu de forma linear.



Assim como, fazer alusão ao ancestral comum, e perceber que esse ancestral não é o macaco atual. Após as proposições dos alunos, o professor promoverá, uma discussão e reflexão, utilizando a imagem da Figura 2, desmistificando a ideia de progressão linear e ressaltando que “nossa história é semelhante à de qualquer outro animal, cheia de ramificações e espécies vivendo juntas ao mesmo tempo” (Neves, W., 2006). Diante das proposições dos alunos sobre o erro da imagem anterior, projete a imagem abaixo:

Figura 5: Desmitificando a Evolução Linear



Fonte: NOGUEIRA, Salvador. Sapiens – uma nova história da humanidade. Superinteressante, 2021. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/sapiens-uma-nova-historia-da-humanidade>.

Frente a importância do registro visual conectada ao diálogo sobre as ramificações e ancestralidade projete a FIGURA 3 abaixo, para estabelecer uma compreensão conceitual. A princípio é interessante usar um esquema mais simplificado, para que tenha mais significado aos estudantes

Figura 6: Evolução Ramificada

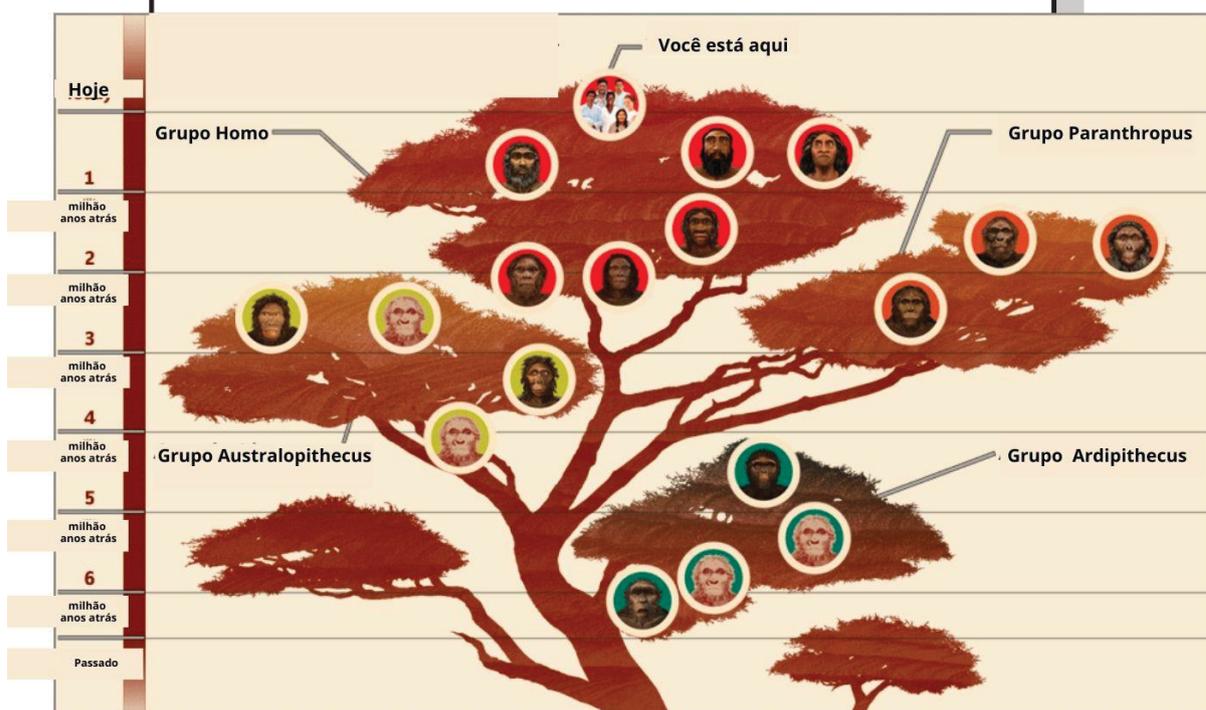
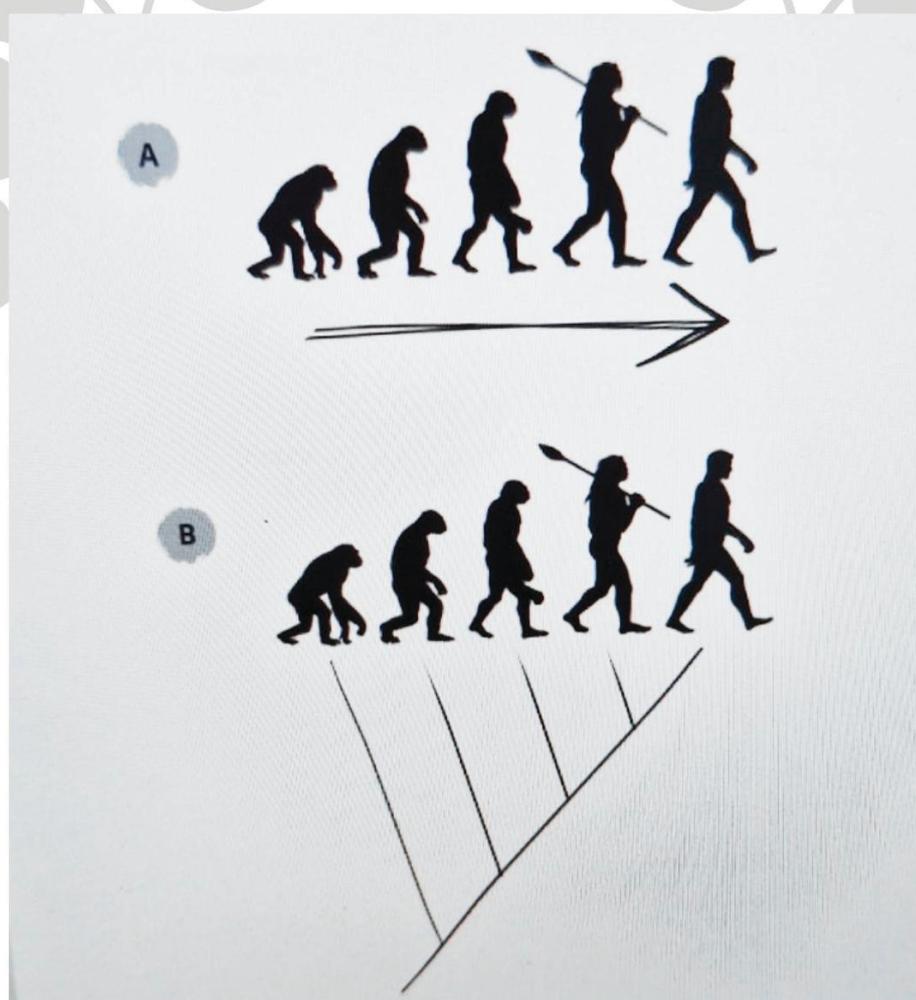


Figura 6– Árvore genealógica humana
Fonte: Modificado de SMITHSONIAN INSTITUTION



Atividade

1) Como você interpreta a Evolução Humana em cada uma das imagens abaixo?



2) Após apresentação do esquema, em grupos os alunos responderão à seguinte questão: O homem “evoluiu do macaco”? Como o grupo responderia?

MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR**Plano de Aula -****Descobrimdo a Evolução****Professor**

Aulas: [Chega de macaquear por aí.](#)

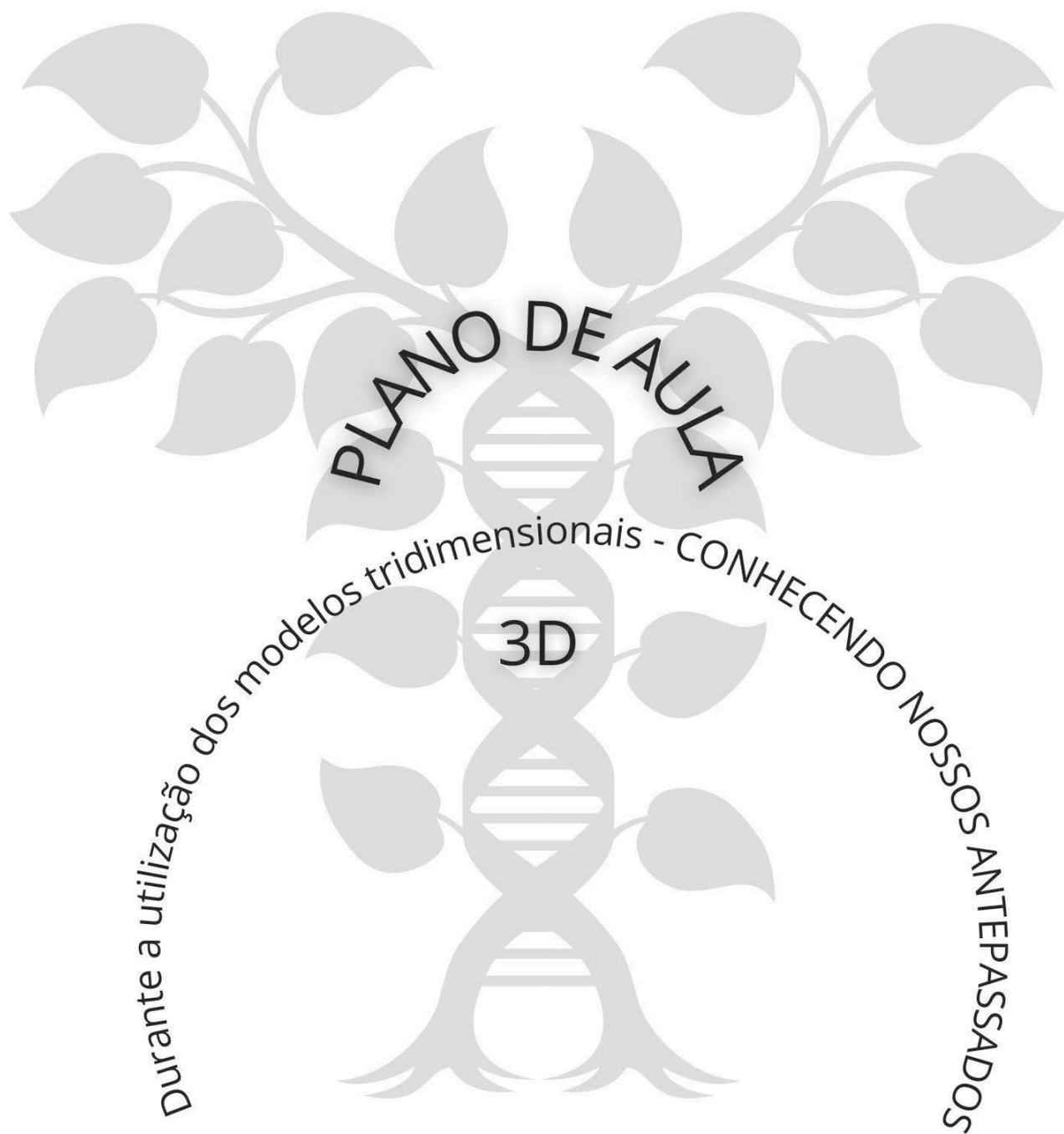
Textos: [Equívocos sobre árvores evolutiva.](#)

Texto: [Evolução a Saga Humana. De onde Viemos. Pág. 30-37.](#)

Artigo: [Why Are There Still Misconceptions about Evolution? \(Porque ainda existem equívocos sobre a Evolução?\)](#)

Artigo: [E nós, humanos? Estamos mais para bonobo ou chimpanzé? Disponível em:](#)





PLANO DE AULA

3D

Durante a utilização dos modelos tridimensionais - CONHECENDO NOSOS ANTEPASSADOS

PLANO DE AULA

Objetivos

- Compreender o processo da evolução humana e seus desdobramentos.
- Reconhecer a existência de várias espécies de hominíneos;
- Comparar e contrastar estruturas anatômicas de diferentes espécies para determinar as relações evolutivas.
- Fornecer detalhes sobre como os seres humanos se encaixam dentro da família dos primatas e como o ramo dos hominíneos evoluiu ao longo do tempo.

Conhecendo nossos Antepassados



Tempo Estimado
4 Aulas



Recursos:
lousa;
computador;
Modelos em 3D



3 Atividades

Conteúdos

Conceituais

- Fatores que possibilitaram o processo evolutivo da espécie humana:

Fatores biológicos.

Fatores comportamentais.

- Principais espécies de hominíneos.
- Evidências do processo evolutivo.

Procedimentais

- Interpretação dos conceitos de evolução e adaptação, pelo estabelecimento de correlações com a evolução do homem.

- Observação, comparação e estabelecimento de relações.

- Elaboração de hipóteses e suposições.

Atitudinais

- Estabelecimento de correlações com o surgimento da espécie *Homo sapiens*.

- Conscientização de que a evolução biológica é um processo que ocorre continuamente.

Apresentação

Este conjunto de atividades aborda a história da evolução humana, permitindo que os alunos investiguem as origens do *Homo sapiens* e sua relação evolutiva com a família dos primatas Hominidae. Além disso, eles exploram exemplos de evolução humana recente ao longo da história registrada e analisam as características adquiridas pelos seres humanos como resultado desse processo evolutivo. Por fim, discutem as tecnologias desenvolvidas pela humanidade para lidar com os impactos dessas características.

As escolas que possuem as impressoras 3D podem fazer as impressões dos modelos a partir dos links a seguir:

Link para o download dos arquivos em 3D: https://drive.google.com/file/d/19VI-BMWdjXLe02kKBcbhfCC_q7k0QK-m/view?usp=drive_link

Antes de realizar as atividades a seguir, é importante que os alunos já possuam conhecimentos sobre espécies extintas, sejam capazes de identificar algumas espécies modernas e reconhecer semelhanças entre elas e as espécies do passado da Terra. Eles devem compreender que a diversidade de vida na Terra é resultado da evolução e que as relações evolutivas entre as espécies podem ser representadas por modelos como cladogramas. Além disso, é necessário que saibam identificar o ancestral comum de duas ou mais espécies usando esses modelos. Também devem entender o conceito de seleção natural e como as populações mudam ao longo do tempo devido a pressões seletivas. O objetivo deste conjunto de aulas é aplicar esse conhecimento a um tema novo ou pouco explorado pelos alunos: a evolução humana.

ATIVIDADE 1 - Neandertais

Proponha as questões "**O que significa ser humano?**" e "**Quais são suas origens humanas?**". Dê um momento de reflexão silenciosa, permitindo que os alunos considerem essas perguntas.

Na sequência informe aos alunos que assistirão a um vídeo sobre Neandertais e pergunte o que eles sabem sobre o termo "Neandertal". Durante o vídeo, peça que considerem as seguintes perguntas: Como os Neandertais são semelhantes ou diferentes de nós? Como este vídeo se conecta ao que você já sabia sobre os Neandertais? Quais novas ideias fizeram você expandir seu pensamento? Quais desafios ou enigmas surgiram para você?

Em seguida compartilhe imagens (Figura 1 do material de apoio) de artefatos associados aos Neandertais, como ferramentas, fibras e esculturas. Explique o contexto e complexidade dessas criações, ressaltando o planejamento e habilidades envolvidas. Destaque os aspectos culturais dos Neandertais, como cuidado com doentes e rituais funerários.

Após todas essas abordagens retorne às Perguntas Reflexivas - O que significa ser humano? Quais são suas origens humanas?

Realize com a turma o **painel de Perguntas Direcionadoras** - Distribua notas adesivas e peça aos alunos que, em duplas, escrevam perguntas abertas relacionadas à evolução humana. Oriente-os a refletir sobre temas como ancestralidade comum, pressões ambientais e o futuro da evolução humana. Exemplos de perguntas: Quais características os Neandertais e os humanos modernos compartilham com seu ancestral comum? Os humanos ainda estão evoluindo? Quais pressões ambientais podem ter influenciado o desenvolvimento dos polegares oponíveis?

Leia algumas perguntas em voz alta e explique que todas serão organizadas em categorias no painel. Ao final da aula, agrupe as perguntas semelhantes e rotule os grupos para facilitar consultas futuras. Consulte o painel periodicamente para destacar perguntas respondidas e as próximas a serem abordadas. No final do ciclo, incentive os alunos a pesquisarem questões não respondidas.

MATERIAL DE APOIO

Plano de Aula -

Conhecendo nossos Antepassados



ATIVIDADE 1 - Discussão Reflexiva Neandertais

Retomar a aula anterior, ratificando a ideia de evolução em ramificação e ancestralidade. Nesta atividade o intuito é promover reflexões profundas sobre o significado de ser humano e as origens humanas. Explorar conceitos relacionados aos Neandertais e suas semelhanças/diferenças com os humanos modernos. Desenvolver habilidades de pensamento crítico e formulação de perguntas abertas relacionadas à evolução humana.

Perguntas

Aluno



- 1) O que significa ser humano?
- 2) Quais são suas origens humanas?

Perguntas Reflexivas

Vídeo: [The Neandertals That Taught Us About Humanity](#)

Como os Neandertais são semelhantes ou diferentes de nós?
Como este vídeo se conecta ao que você já sabia sobre os Neandertais?

Quais novas ideias fizeram você expandir seu pensamento?
Quais desafios ou enigmas surgiram para você?

Figura 1: Fibras Tecidas

Fonte: SABER ATUALIZADO NEWS. Neandertais também eram capazes de produzir cordas e provavelmente tecidos. 2020. Disponível em: <https://www.saberatualizadonews.com/2020/04/neandertais-tambem-eram-capazes-de.html?m=1>.

Figura 2: Arte

Fonte: VEJA. Osso esculpido há 51 mil anos pode ser obra de arte mais antiga do mundo. Fotografia de V. Minkus/Escritório do Patrimônio da Baixa Saxônia. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/cultura/osso-esculpido-ha-51-mil-anos-pode-ser-obra-de-arte-mais-antiga-do-mundo>. Acesso em: 12 mar. 2025

Ao compartilhar as imagens explique aos alunos que encontramos evidências de que os Neandertais realizavam trabalhos que, na época, eram considerados complexos: faziam ferramentas, teciam fibras e até criavam obras de arte, como entalhes ou pinturas rupestres.

Diga aos alunos que os Neandertais também eram conhecidos por cuidar de outros que estavam feridos ou doentes e usavam rituais como parte do processo de sepultamento.

Figura 3 - Ferramentas

Fonte: NETNATURE. Neandertais usaram fogo para confeccionar ferramentas. Disponível em: <https://netnature.wordpress.com/2018/11/12/neandertais-usaram-fogo-para-confeccionar-ferramentas/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

PAINEL DE PERGUNTAS
Ancestralidade comum
Pressões ambientais
Futuro da evolução humana.



Quais características os Neandertais e os humanos modernos compartilham com seu ancestral comum?

Quais pressões ambientais podem ter influenciado o desenvolvimento dos polegares oponíveis?

Os humanos ainda estão evoluindo?

ATIVIDADE 2 - Nossos Antepassados

Introdução e Organização - Explique aos alunos que o ancestral comum mais recente entre chimpanzés e humanos viveu há cerca de seis milhões de anos. Em seguida, informe que eles irão examinar modelos tridimensionais de crânios para construir um modelo que descreva o que aconteceu nesse período, resultando em dois gêneros distintos: *Pan* e *Homo*.

USO DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS - O professor organiza os crânios em um local central da sala, sem qualquer arranjo específico. Os alunos recebem uma folha de atividades com pedido para observar os crânios de maneira detalhada. Neste momento é apenas para eles observarem e fazerem suas anotações de forma independente, sem consultar ou seguir instruções. A tarefa inicial consiste em observar e anotar as características visíveis de cada crânio, o objetivo é que eles percebam as características de forma espontânea, sem influências externas. Eles têm entre 10 a 15 minutos para fazer as observações.

COMPARAÇÃO DOS CRÂNIO - Após o momento de observação, os alunos devem comparar os crânios dois a dois. Eles devem anotar o que acham semelhante e o que acham diferente entre os crânios. Essa comparação deve ser feita com base nas observações feitas anteriormente. Exemplo de comparações possíveis: Humano atual vs. *Homo habilis*. Humano atual vs. chimpanzé adulto. Humano atual vs. chimpanzé bebê. Durante essa atividade, os alunos começam a refletir sobre as variações anatômicas e o que elas podem indicar sobre os hábitos e características dessas espécies. Algumas questões que espera-se que eles reflitam:

a) Quais características são semelhantes entre os crânios? Quais são diferentes?

b) Como os dentes diferem entre os crânios? O que isso nos diz sobre a dieta?

c) Onde está localizada o forame magnum? O que isso nos diz sobre a postura dos humanos em comparação com os chimpanzés?

Apresentação e Discussão - Após a comparação divida a turma em grupos pequenos e disponibilize a tabela com as principais características a serem comparadas (anexo material do aluno), como: tamanho da caixa craniana. Estrutura da maxila e mandíbula. Forma do osso frontal. Proporção entre face e crânio.

Cada grupo deve agora analisar a tabela e discutir como as diferenças nas características anatômicas podem estar relacionadas a mudanças comportamentais ou adaptações ao ambiente. O grupo deve justificar sua análise e pensar em possíveis causas evolutivas para essas variações. O professor deve circular entre os grupos, oferecendo orientação e incentivando o pensamento crítico.

Construção do Mapa Causal - Após a discussão em grupos, o professor reúne todos os alunos para uma discussão coletiva. Ele começa a construir um mapa causal no quadro, conectando as variações anatômicas observadas com suas possíveis funções e causas. Durante essa construção, os alunos devem colaborar, sugerindo hipóteses sobre as causas das variações. Exemplos de relações que podem ser exploradas: Aumento do tamanho do cérebro: Pode estar relacionado a mudanças ambientais ou ao desenvolvimento de habilidades cognitivas para sobreviver em ambientes mais complexos. Forma da mandíbula: Pode estar relacionada à dieta e ao uso de ferramentas. Proeminência do rosto: Pode ser um reflexo de mudanças nas necessidades de comunicação ou no desenvolvimento de capacidades sociais.

Reflexão Final e Encerramento - Para concluir a aula, o professor propõe uma reflexão final. Os alunos devem compartilhar o que aprenderam sobre as adaptações evolutivas e como as diferenças anatômicas influenciaram o comportamento, as habilidades e o modo de vida dos homínídeos.

O professor pode sugerir questões para a reflexão final, como: Como você acha que as mudanças no tamanho do cérebro influenciaram a vida cotidiana? O que a forma da mandíbula nos diz sobre a dieta e os comportamentos sociais de diferentes espécies? Quais características anatômicas você acredita que foram mais influenciadas por mudanças ambientais?

MATERIAL DE APOIO

Plano de Aula -

Conhecendo nossos Antepassados



ATIVIDADE 2 - Nossos Antepassados

Nesta atividade o intuito é estabelecer ideias sobre evidências evolutivas, trazendo à tona, o tema, fósseis, construindo conexões com os debates já realizados nas aulas anteriores. Nesta atividade orienta-se utilizar as réplicas em 3D dos diferentes crânios ou as imagens em 3D, com o objetivo de proporcionar aos estudantes uma experiência prática e investigativa que fomente a compreensão dos processos evolutivos humanos através da observação e análises das diferenças para determinar suas relações evolutivas.

Uso dos modelos tridimensionais

Aluno



Perguntas Reflexivas

- a) Quais características são semelhantes entre os crânios? Quais são diferentes?
- b) Como os dentes diferem entre os crânios? O que isso nos diz sobre a dieta?
- c) Onde está localizada o forame magnum? O que isso nos diz sobre a postura dos humanos em comparação com os chimpanzés?

**ATIVIDADE B- Comparação dos crânios**

1) Observe os crânios de dois em dois. Anote as semelhanças e as diferenças entre eles.

Homo sapiens
X
Gorila

Homo sapiens
X
Chimpanzé adulto

Homo sapiens
X
Chimpanzé bebê

Homo sapiens
X
Australopithecus
afarensis

Homo sapiens
X
Homo
neanderthalensis

Homo sapiens
X
Homo erectus

Encerramento Investigativo - Promova uma discussão geral sobre o impacto das adaptações humanas e a relevância de investigar o passado evolutivo para compreender nosso presente e futuro. Deixe que os alunos reflitam sobre o papel da ciência em responder perguntas fundamentais e inspirá-los a explorar ainda mais o tema.

Avaliação

- Avalie as respostas dos alunos com base em sua compreensão dos conceitos trabalhados e na qualidade de seus argumentos.
- Observe a participação dos alunos durante a aula prática, as discussões em grupo e em sala de aula.
- Avalie as apresentações dos grupos com base na qualidade das informações fornecidas.
- Avalie as respostas das listas de exercícios.



ATIVIDADE B- Comparação dos crânios



1) Observe os crânios de dois em dois. Anote as semelhanças e as diferenças entre eles.

Gorila
X
Chimpanzé adulto

Gorila
X
Chimpanzé bebê

Gorila
X
Australopithecus
afarensis

Gorila
X
Homo
neanderthalensis

Gorila
X
Homo erectus

Chimpanzé adulto
X
Chimpanzé bebê

**ATIVIDADE B- Comparação dos crânios**

1) Observe os crânios de dois em dois. Anote as semelhanças e as diferenças entre eles.

Chimpanzé adulto
X
Australopithecus
afarensis

Chimpanzé adulto
X
Homo
neanderthalensis

Chimpanzé adulto
X
Homo erectus

Chimpanzé bebê
X
Australopithecus
afarensis

Chimpanzé bebê
X
Homo
neanderthalensis

Chimpanzé bebê
X
Homo erectus



Evolução Humana

Conhecendo Nossos Antepassados Material do Estudante



Nome: _____

Objetivo

Ao concluir esta lição, você será capaz de:

- Comparar e contrastar estruturas anatômicas de diferentes espécies para determinar suas relações evolutivas.
- Interpretar dados geográficos para criar um mapa da distribuição de diferentes espécies.
- Observar artefatos encontrados com os restos de diferentes espécies para fazer previsões sobre as habilidades dessas espécies.
- Analisar tendências climáticas históricas para formular uma hipótese sobre a relação entre o clima e a migração humana.

Parte I

Usando o diagrama abaixo, compare e contraste os diferentes crânios. Para cada uma das características listadas, identifique se essa espécie é mais "parecida com humanos" ou "parecida com chimpanzés". Por fim, faça uma observação sobre o crânio que não esteja relacionada às características anteriores

	Características					
Ancestral	volume cerebral	Dentes	Saliência da Boca	Arcadas Supraciliares	Proeminência das Maças do Rosto	Localização do Forame Magno
<i>Homo neanderthalensis</i>						
<i>Gorilla gorilla</i>						
<i>Australopithecus afarensis</i>						
<i>Homo habilis</i>						
<i>Homo erectus</i>						



2) Discuta e identifique a importância relativa e as possíveis causas das diversas diferenças:

a. O que poderia ter causado as diferenças no tamanho do cérebro?

b. O que poderia ter causado as diferenças na mandíbula?

c. Essas causas e diferenças estão relacionadas entre si?

3) Comece a esboçar um mapa causal simples das variações principais, das funções hipotéticas e dos fatores causais, por exemplo: a mandíbula possibilita..., mudanças ambientais levam a... (consulte os elementos de mapeamento causal).

4) Quais diferenças você percebe entre os crânios?

5) O que as características que você notou podem nos dizer sobre o modo de vida, os comportamentos e as habilidades desses indivíduos?

Características dos crânios	Indícios sobre o modo de vida, comportamentos, habilidades e outras características

6) Quais poderiam ter sido as causas dessas diferenças ao longo dos últimos 7 milhões de anos? Anote todas as causas possíveis que você conseguir imaginar. Também faça anotações sobre qualquer informação que seria necessária para responder a essa pergunta.

Características dos crânios	Causas – como e por que essas características surgiram e mudaram ao longo da história evolutiva?



Evolução Humana

Conhecendo Nossos Antepassados Material do Professor



GABARITO

Objetivo

Ao concluir esta lição, você será capaz de:

- Comparar e contrastar estruturas anatômicas de diferentes espécies para determinar suas relações evolutivas.
- Interpretar dados geográficos para criar um mapa da distribuição de diferentes espécies.
- Observar artefatos encontrados com os restos de diferentes espécies para fazer previsões sobre as habilidades dessas espécies.
- Analisar tendências climáticas históricas para formular uma hipótese sobre a relação entre o clima e a migração humana.

Parte I

Usando o diagrama abaixo, compare e contraste os diferentes crânios. Para cada uma das características listadas, identifique se essa espécie é mais "parecida com humanos" ou "parecida com chimpanzés". Por fim, faça uma observação sobre o crânio que não esteja relacionada às características anteriores

	Características					
Ancestral	volume cerebral	Dentes	Saliência da Boca	Arcadas Supraciliares	Proeminência Maças do Rosto	Localização do Forame Magno
<i>Homo neanderthalensis</i>	Grande (1200-1750 cm ³)	Pequenos, similares aos humanos	Pouco projetada	Bem desenvolvidas	Pouco proeminentes	Centralizado (bipedalismo)
<i>Gorilla gorilla</i>	Pequeno (400-600 cm ³)	Grandes e caninos longos	Muito projetada	Muito pronunciadas	Muito proeminentes	Posterior (quadrupedalismo)
<i>Australopithecus afarensis</i>	Médio (400-500 cm ³)	Grandes, intermediários	Projetada	Moderadamente pronunciadas	Moderadamente proeminentes	Mais centralizado que símios
<i>Homo habilis</i>	Médio (500-700 cm ³)	Menores que <i>Australopithecus</i>	Menos projetada que <i>A. afarensis</i>	Pouco pronunciadas	Moderadamente proeminentes	Mais centralizado que <i>A. afarensis</i>
<i>Homo erectus</i>	Grande (750-1250 cm ³)	Pequenos, próximos aos humanos	Menos projetada que <i>H. habilis</i>	Marcantes, mas menos que neandertais	Pouco proeminentes	Centralizado (bipedalismo)

2) Discuta e identifique a importância relativa e as possíveis causas das diversas diferenças:

a. O que poderia ter causado as diferenças no tamanho do cérebro?

O aumento do volume cerebral ao longo da evolução humana pode estar relacionado a vários fatores:

- Mudanças ambientais: Climas variáveis e novos desafios exigiram maior capacidade de adaptação.
- Uso de ferramentas: Espécies como *Homo habilis* e *Homo erectus* desenvolveram ferramentas para caça e sobrevivência, exigindo maior cognição.
- Interação social: A vida em grupos complexos favoreceu o desenvolvimento da linguagem e da aprendizagem social, impulsionando a evolução cerebral.
- Dieta rica em proteínas: O consumo de carne, aliado ao cozimento de alimentos, forneceu energia suficiente para sustentar cérebros maiores.

b. O que poderia ter causado as diferenças na mandíbula?

As mudanças na mandíbula ao longo da evolução podem ter sido causadas por:

- Mudança na alimentação: Primatas como gorilas e *Australopithecus afarensis* tinham dietas mais fibrosas, exigindo mandíbulas robustas e grandes dentes. Já *Homo erectus* e *Homo sapiens* tinham dietas mais variadas, incluindo alimentos cozidos, o que reduziu a necessidade de uma mandíbula forte.
- Uso de ferramentas para cortar alimentos: Com o processamento prévio da comida (uso de pedras para cortar carne, por exemplo), houve menor necessidade de uma mandíbula robusta.
- Evolução da comunicação: Mandíbulas menores podem ter favorecido o desenvolvimento de uma cavidade oral mais adequada para a fala.

c. Essas causas e diferenças estão relacionadas entre si?

Sim, essas diferenças estão interligadas. O aumento do cérebro exigiu mais energia, favorecendo mudanças na dieta (maior consumo de carne e alimentos cozidos). Isso levou a uma mandíbula menor, já que a mastigação se tornou menos exigente. Além disso, uma mandíbula reduzida facilitou a articulação da fala, permitindo interações sociais mais complexas, o que, por sua vez, reforçou a necessidade de um cérebro maior.

3) Comece a esboçar um mapa causal simples das variações principais, das funções hipotéticas e dos fatores causais, por exemplo: a mandíbula possibilita..., mudanças ambientais levam a... (consulte os elementos de mapeamento causal).

Fatores Causais	Mudança Anatômica	Função Hipotética
Maior consumo de carne e alimentos cozidos	Redução do tamanho da mandíbula	Menos necessidade de mastigação intensa
Uso de ferramentas para alimentação	Diminuição dos dentes e força da mandíbula	Facilidade em obter e processar comida
Pressão social e necessidade de comunicação	Mandíbula menor e cavidade oral adaptada	Favorecimento da fala e linguagem

4) Quais diferenças você percebe entre os crânios?

- *Australopithecus afarensis* tem um crânio menor e mandíbula robusta, refletindo uma dieta mais fibrosa e um cérebro pequeno.
- *Homo habilis* apresenta um cérebro maior e mandíbula um pouco reduzida, indicando transição na dieta e no comportamento.
- *Homo erectus* tem um crânio maior, com face mais achatada e arcadas supraciliares proeminentes, associado ao uso de fogo e maior cognição.
- *Homo neanderthalensis* tem um cérebro volumoso, face robusta e dentes reduzidos, refletindo adaptação ao frio e habilidades avançadas.
- *Homo sapiens* tem um crânio globular, mandíbula pequena e testa alta, favorecendo fala e cognição sofisticada.

5) O que as características que você notou podem nos dizer sobre o modo de vida, os comportamentos e as habilidades desses indivíduos?

Características dos crânios	Indícios sobre o modo de vida, comportamentos, habilidades e outras características
crânios menores	eram mais dependentes da força bruta e menos da inteligência.
crânios maiores	desenvolveram habilidades sociais e tecnológicas.
Mandíbula menor e crânio maior	provavelmente tinham dietas mais diversificadas e dependiam de ferramentas.
crescimento do cérebro e a redução da mandíbula	sugerem o desenvolvimento da linguagem, planejamento e vida em grupos mais complexos.

6) Quais poderiam ter sido as causas dessas diferenças ao longo dos últimos 7 milhões de anos? Anote todas as causas possíveis que você conseguir imaginar. Também faça anotações sobre qualquer informação que seria necessária para responder a essa pergunta.

Mudanças Climáticas - Flutuações climáticas impulsionaram a adaptação a diferentes ambientes.

A savanização da África reduziu florestas e favoreceu a locomoção bípede.

Mudança na Dieta - Transição de dietas à base de folhas e frutas para carne e alimentos cozidos.

Introdução do fogo (por *Homo erectus*) permitiu melhor digestão e menor necessidade de mastigação.

Uso de Ferramentas - *Homo habilis* começou a produzir ferramentas simples para caça e corte de carne. *Homo erectus* refinou o uso de ferramentas, tornando-se mais dependente da tecnologia.

Evolução da Comunicação - Mudanças anatômicas no aparelho fonador favoreceram o desenvolvimento da fala. Interações sociais mais complexas exigiram maior capacidade de aprendizado.

Seleção Natural e Pressão Predatória - Locomoção bípede ajudou a enxergar predadores à distância.

A vida em grupo aumentou as chances de sobrevivência e favoreceu a inteligência.

Estrutura Social e Cooperação - Maior dependência da cultura e transmissão de conhecimento.

Formação de laços sociais mais fortes ajudou na sobrevivência de grupos.

Material de Apoio Professor - Dicas para condução da aula prática

Observação e Comparação – Réplicas de Crânios em 3D:

Forneça aos alunos duas réplicas de crânios: humano e chimpanzé. Estabeleça expectativas sobre como manusear os crânios, mas permita que os alunos os toquem e façam observações. Após alguns minutos, peça que comparem e contrastem os crânios humano e chimpanzé.

- a) Quais características são semelhantes entre os crânios? Quais características são diferentes?
- b) Como os dentes diferem entre os crânios? O que isso nos diz sobre a dieta?
- c) Onde está localizada o forame magno? O que isso nos diz sobre a postura de humanos versus chimpanzés?

Se os alunos não souberem o que é o forame magno, explique que é o orifício pelo qual a medula espinhal passa para se conectar ao cérebro. Nossa cabeça, e conseqüentemente nosso cérebro, fica no topo da coluna vertebral, e por isso o forame magno deve estar localizado de forma mais centralizada. Os chimpanzés são mais quadrúpedes, e seu forame magno está localizado mais próximo da parte posterior do crânio. Isso também é observado em outros bípedes, incluindo os cangurus e seus parentes evolutivos quadrúpedes.

Forneça aos alunos o primeiro crânio de ancestral. Instrua-os a comparar e contrastar o novo crânio com os crânios humano e de chimpanzé, utilizando o material do estudante para anotações. Os alunos devem se concentrar em:

- Volume do cérebro (encontra-se em anexo o cálculo que deve ser realizado, caso prefira o professor pode realizar uma vez junto com toda a turma. Todos anotam os resultados para análise posterior).
- Tamanho dos dentes
- Proeminência da boca
- Relevância das cristas supraciliares (sobrancelhas ósseas)
- Proeminência dos ossos das bochechas
- Localização do forame magno, um orifício na parte posterior do crânio.

Após tempo suficiente, reúna os alunos para uma discussão em classe. Crie uma lista de observações comparando o crânio do hominídeo com os crânios de chimpanzé e humano, focando nos traços listados acima. Peça aos alunos que considerem as seguintes perguntas:

- a) Quais grandes semelhanças e diferenças você notou entre os crânios?
- b) O crânio fóssil é mais semelhante ao crânio de chimpanzé ou ao de humano?
- c) Essa espécie tinha uma postura mais ereta ou mais horizontal?

Segure o crânio que os alunos estão analisando e peça que identifiquem quais dos seguintes aspectos são mais semelhantes ao chimpanzé e quais ao humano:

- a) Volume do cérebro?
- b) Cristas supraciliares?
- c) Dentes?

Repita esse processo com todos os crânios, comparando-os entre os de chimpanzé e humano.

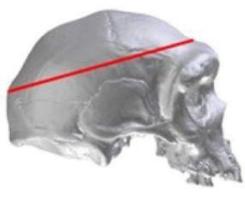
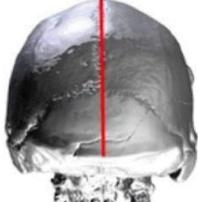
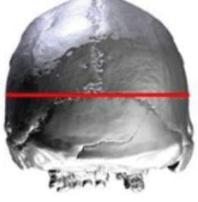
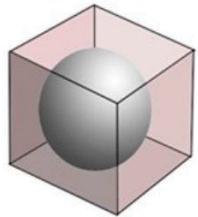
Reflexão Final e Encerramento - Para concluir a aula, o professor propõe uma reflexão final. Os alunos devem compartilhar o que aprenderam sobre as adaptações evolutivas e como as diferenças anatômicas influenciaram o comportamento, as habilidades e o modo de vida dos homínídeos. O professor pode sugerir questões para a reflexão final, como: Como você acha que as mudanças no tamanho do cérebro influenciaram a vida cotidiana? O que a forma da mandíbula nos diz sobre a dieta e os comportamentos sociais de diferentes espécies? Quais características anatômicas você acredita que foram mais influenciadas por mudanças ambientais?

OBSERVAÇÃO: Caso não exista a opção de trabalhar com os modelos tridimensionais o professor pode utilizar as imagens tridimensionais disponíveis no link: <https://3d.si.edu/collections/hominin-fossils>

MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR
Plano de Aula -
Conhecendo nossos Antepassados

ANEXO 01: Cálculo para volume cerebral.

CAPACIDADE CRANIANA

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	
			

Estimativa da capacidade craniana:
(comprimento X largura X altura) x 0,524

Fonte: Modificado pela autora de MAX PLANCK INSTITUTE FOR EVOLUTIONARY ANTHROPOLOGY. Hominin skull measurement - Google Sheet. Disponível em: <https://openevo.eva.mpg.de/teachingbase/hominin-skull-measurement-google-sheet/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

ATIVIDADE 3 - Nossos Antepassados

Pergunta Inicial e Mobilização do Interesse - Inicie a aula apresentando a pergunta "**Quem é o nosso parente vivo mais próximo neste planeta?**" Registre as respostas dos alunos no quadro. Incentive os alunos a justificarem suas hipóteses iniciais com base em seu conhecimento prévio.

Exploração da Árvore Filogenética dos Primatas - Apresente a Árvore Filogenética dos Primatas (FIGURA 3) e pergunte aos alunos como ela pode ser usada para determinar nosso parente mais próximo. Provoque a discussão sobre os conceitos de ancestralidade comum e relações evolutivas. Objetiva-se que os alunos cheguem a conclusão de que os chimpanzés e bonobos são nossos parentes mais próximos.

Análise de Vídeo Investigativo - Exiba o vídeo: A evolução humana está acelerando ou desacelerando? Divida a sala em grupos e forneça as seguintes perguntas investigativas:

- Qual é uma das adaptações humanas mencionadas no vídeo?
- Qual foi a pressão seletiva que levou a essa adaptação?
- Que argumentos sustentam que a evolução humana está desacelerando?
- Que argumentos indicam que a evolução humana está acelerando?

Problema Investigativo - Divida os alunos em grupos e forneça um problema investigativo:

- Como as populações humanas se adaptaram às condições ambientais locais ao longo do tempo?

Cada grupo deve formular hipóteses, analisar dados ou informações fornecidas pela atividade e apresentar suas conclusões.

Reflexão e Expansão no Painel de Perguntas - Retome o Painel de Perguntas da atividade 2. Oriente os alunos a identificarem quais perguntas foram respondidas e as evidências que sustentam essas respostas. Peça aos alunos para justificar como essas evidências sustentam as respostas. Encoraje a formulação de novas perguntas, que devem ser escritas em post-its e adicionadas ao quadro.

MATERIAL DE APOIO

Plano de Aula -

Conhecendo nossos Antepassados



ATIVIDADE 3 - Nossos Antepassados

Nesta atividade, os alunos atuarão como investigadores do processo evolutivo, explorando quem são nossos parentes vivos mais próximos e como a evolução moldou as características humanas. A atividade será conduzida de forma participativa, onde os estudantes formularão hipóteses, discutirão evidências e justificarão conclusões.

Perguntas

Pergunta Reflexiva

Aluno



1) Quem é o nosso parente vivo mais próximo neste planeta?

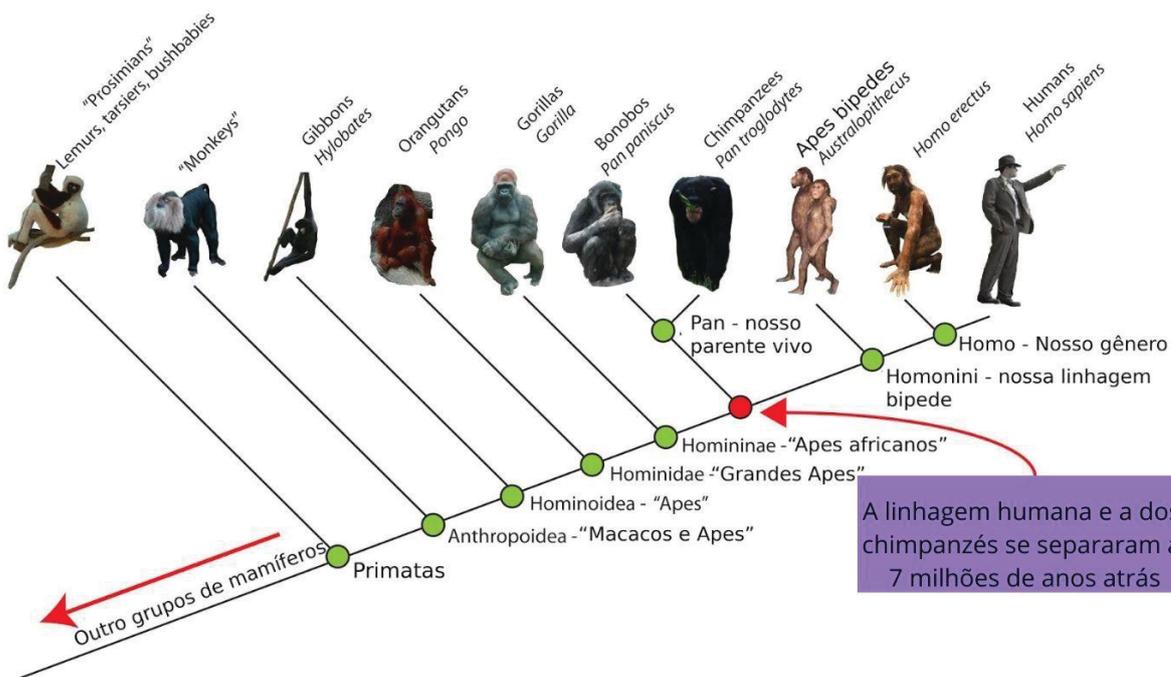
Documentário: A Evolução Humana está acelerando ou desacelerando

Perguntas investigativas:

- A) Qual é uma das adaptações humanas mencionadas no vídeo?
- B) Qual foi a pressão seletiva que levou a essa adaptação?
- C) Que argumentos sustentam que a evolução humana está desacelerando? D) Que argumentos indicam que a evolução humana está acelerando?



Árvore Filogenética dos Primatas





ATIVIDADE A - Problema Investigativo

GABARITO

1) Como as populações humanas se adaptaram às condições ambientais locais ao longo do tempo?

Observação: Cada grupo deve formular hipóteses, analisar dados ou informações fornecidas ao longo das aulas e apresentar suas conclusões.

As populações humanas evoluíram em resposta a desafios ambientais, utilizando tanto mecanismos biológicos quanto inovações culturais. Estudos modernos de genética e antropologia reforçam que a diversidade humana é o resultado de processos adaptativos contínuos.

Assim espera que os alunos levantem hipóteses sobre como diferentes populações humanas desenvolveram características físicas, culturais e tecnológicas em resposta ao meio ambiente. Algumas hipóteses iniciais podem incluir:

- Radiação solar e cor da pele: Populações em regiões tropicais desenvolveram maior produção de melanina para proteção contra os raios ultravioleta (Jablonski & Chaplin, 2010).
- Frio extremo e metabolismo: Povos indígenas de regiões frias, como os inuítes, possuem metabolismo acelerado e maior proporção de gordura para retenção de calor (Leonard et al., 2002).
- Baixa disponibilidade de oxigênio e respiração: Populações dos Andes e do Himalaia desenvolveram maior capacidade pulmonar e aumento na produção de hemoglobina (Beall, 2007).

Análise de Dados e Evidências

- Genética e seleção natural: Estudos de DNA indicam que genes como o SLC24A5 influenciam a pigmentação da pele e foram selecionados de acordo com a exposição ao sol (Sturm & Duffy, 2012).
- Adaptação alimentar: A persistência da lactase em populações pastoris da Europa e da África demonstra adaptação à dieta baseada em leite (Tishkoff et al., 2007).
- Evolução da estatura e robustez: Populações de climas frios tendem a ter corpos mais compactos para conservar calor, conforme a regra de Bergmann (Scholz et al., 2017).



PLANO DE AULA

3D

Após a utilização dos modelos tridimensionais - CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS

PLANO DE AULA

Objetivos

- Estabelecimento de correlações com o surgimento da espécie *Homo sapiens*.
- Conscientização de que a evolução biológica é um processo que ocorre continuamente.
- Avaliar o impacto das atividades humanas sobre a biodiversidade e os ecossistemas, considerando a perspectiva evolutiva.

Construção de Conceitos



Tempo Estimado

1 Aula



Recursos:



lousa;
computador;
Recursos audiovisuais



1 Atividades

Conteúdos

Conceituais

- Interpretação dos conceitos de evolução e adaptação, pelo estabelecimento de correlações com a evolução do homem.
- Observação, comparação e estabelecimento de relações.
- Elaboração de hipóteses e suposições.

Procedimentais

- Análise de modelos de crânios tridimensionais para compreender a evolução humana.
- Comparação de características anatômicas entre diferentes homínídeos.
- Interpretação de dados genéticos e arqueológicos para estabelecer relações evolutivas.
- Elaboração de modelos e esquemas sobre a evolução e adaptação humana.
- Construção de mapas conceituais relacionando os fatores ambientais e as mudanças evolutivas.
- Aplicação do método científico na formulação de hipóteses sobre a evolução humana.

Atitudinais

- Desenvolvimento do pensamento crítico sobre a evolução e adaptação humana.
- Reflexão- importância da adaptação para a sobrevivência das espécies.
- Promoção da curiosidade científica e da busca pelo conhecimento baseado em evidências.
- Combate a concepções errôneas sobre a evolução, como o conceito de "superioridade" de uma espécie sobre outra.

MATERIAL DE APOIO

Plano de Aula - Construção de Conceitos



ATIVIDADE 1 - Rotação por Estação

Nesta aula as atividades serão realizadas através da metodologia ativa rotação por estação. São quatro estações então os estudantes são divididos em grupos e cada grupo deve ser designado a uma estação de trabalho. Em cada estação, os alunos realizam uma atividade específica por um período de tempo, por exemplo 15 minutos, ao final desse tempo os grupos mudam para uma estação diferente que ainda não tenham visitado, e esse processo se repete até que todos os alunos tenham passado por todas as estações. Pelo menos em uma das estações precisa haver o uso de tecnologia. Ao final da atividade realizar uma discussão no grande grupo considerando cada uma das estações.

ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES



Estação 1 Ancestralidade

O objetivo dessa estação é permitir que os estudantes identifiquem e compreendam ao que se refere ancestralidade, através da linha do tempo e das cartas informativas.

Disponibilidade para os estudantes

- Linha do tempo para marcações;
- Fichas informativas das espécies de homínídeos.

Nessa estação os estudantes terão disponível um texto informativo sobre ancestralidade, uma linha do tempo e fichas com informações sobre as diferentes espécies de homínídeos. Deverão preencher conforme as orientações.

As fichas informativas e o texto inicial tem o objetivo de introduzir conceitos básicos, como o que é um ancestral. Os estudantes deverão preencher o material através da observação do material.



Evolução Humana

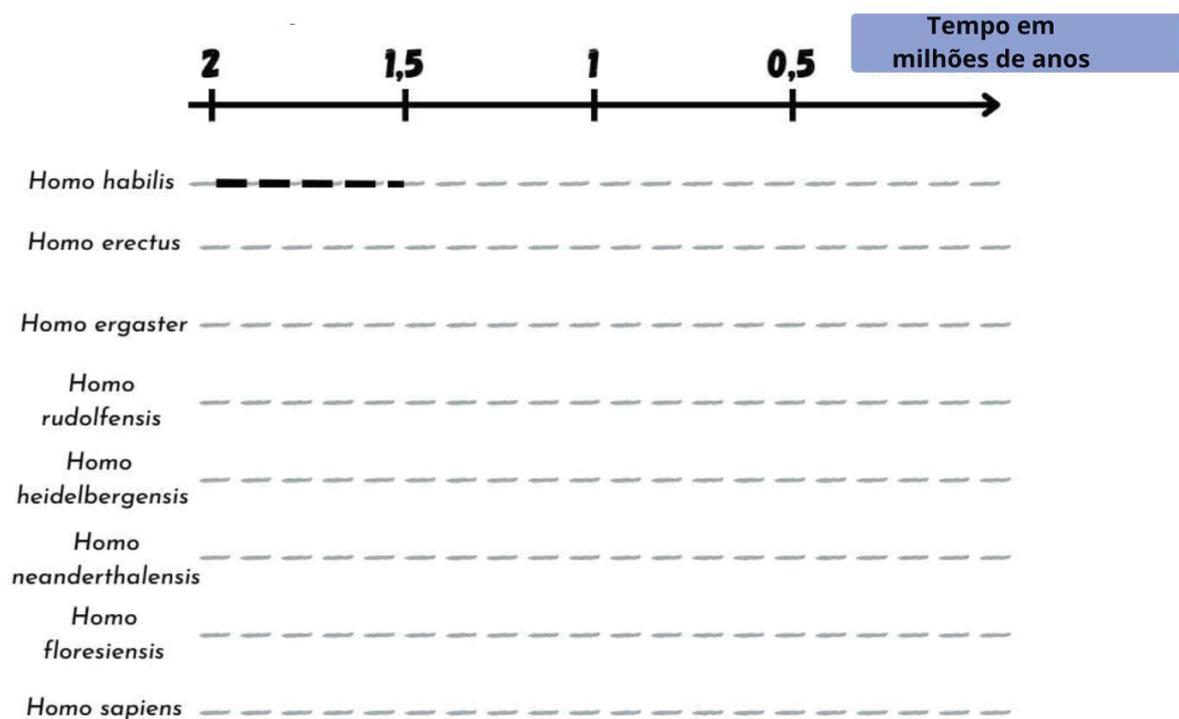
Construção de Conceitos Material do Estudante

Estação 01 Ancestralidade



Nome: _____

A ancestralidade é um ponto muito debatido no estudo da evolução humana. Uma forma de entender se uma determinada espécie foi ancestral de outra é saber se elas ocorreram ao mesmo tempo, neste caso é possível excluir a hipótese de ancestralidade. Ordene as espécies dos humanos fósseis de acordo com o ano de ocorrência, marcando um tracejado na linha do tempo conforme o exemplo.





Homo habilis



Ocorreu entre
2.100 - 1.500 M.A.



Vivia na Tanzânia
(África)



Descoberto por
Jonathan Leakey
em 1960

Homo erectus



Ocorreu entre
1.900 - 140 M.A.



Vivia na África e
Eurásia



Descoberto por
Eugène Dubois em
1891

Homo ergaster



Ocorreu entre
1.800 - 1300 M.A.



Vivia no leste e
sudeste da África



Descoberto por
Richard Leakey e
Alan Walker em 1970

Homo rudolfensis



Ocorreu por volta
de 1.900 M.A.



Vivia na Kenya
(África)



Descoberto por
Richard Leakey em
1972

Homo heidelbergensis



Ocorreu entre
0.6 - 300 M.A.



Vivia na África e na
Europa



Descoberto por Otto
Schoetensack em
1907

Homo neanderthalensis



Ocorreu entre
0.24 - 0.40 M.A.



Vivia na Europa e
oeste da Ásia



Descoberto por
Philippe-Charles
Schmerling em 1829

Também é considerado uma subespécie de *H. sapiens*

Homo floresiensis



Ocorreu entre
0.19 - 0.50 M.A.



Vivia na Indonésia



Descrito por Peter
Brown e colegas em
2004

Homo sapiens



Originou em
0.3 M.A.



Ocorre em todo o
globo terrestre



Descrito por Carl
Linnaeus em
1758

Fonte: SMITHSONIAN INSTITUTION. Human family tree. National Museum of Natural History, [ano]. Disponível em: <<https://humanorigins.si.edu/evidence/human-family-tree>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES**Estação 2**
Características
gênero *Homo*

O objetivo dessa estação é permitir que os estudantes identifiquem e compreendam as características de cada espécie do gênero *Homo*.

**Disponibilidade
para os estudantes**

- Linha do tempo para marcações;
- Fichas informativas das espécies de homínídeos.

Nessa estação os estudantes terão disponível uma tabela para preencher as informações referente as características presentes ou ausentes nas espécies do gênero *Homo*.

Receberão também cartas para serem analisadas e assim de acordo com os símbolos presentes deverão preencher a tabela.



Evolução Humana

Construção de Conceitos Material do Estudante

Estação 01 Ancestralidade

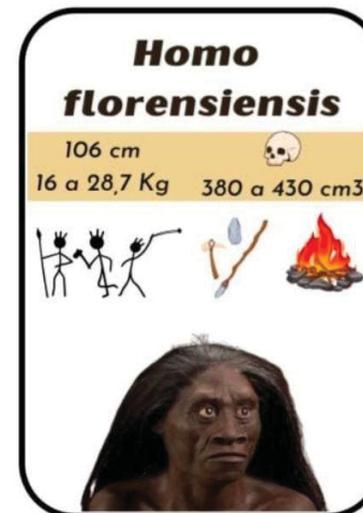
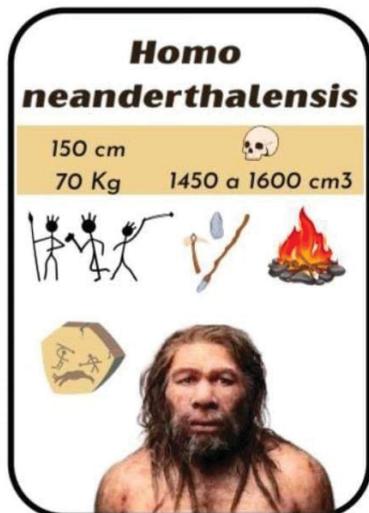
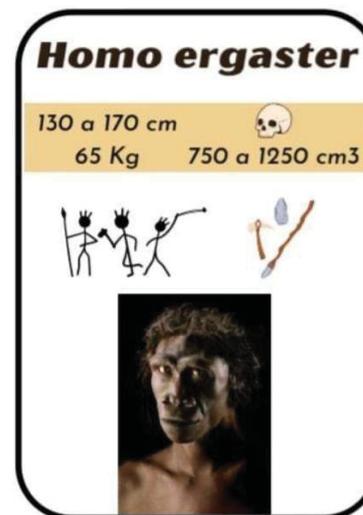
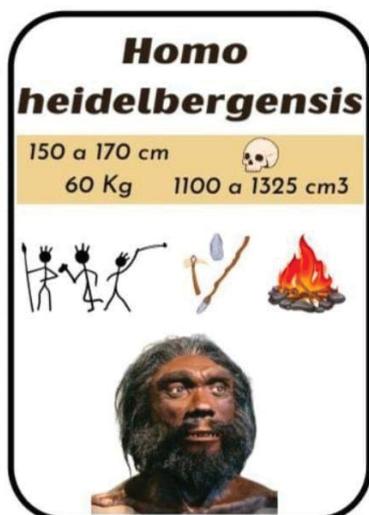
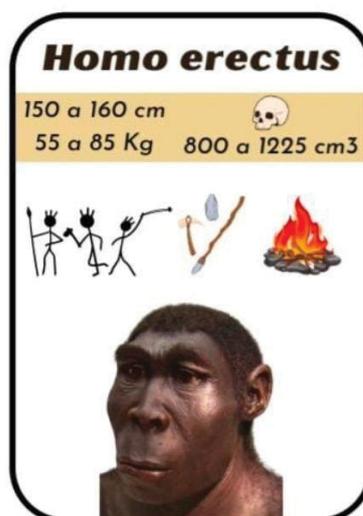
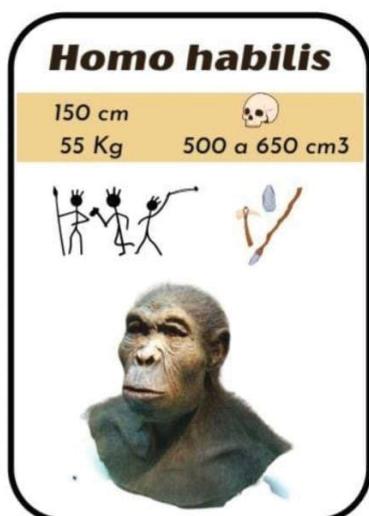


Nome: _____

Preencher a tabela com as características presentes ou ausentes nas espécies do gênero *Homo* estudadas nessa atividade. Para isso você deve olhar as cartas e de acordo com o símbolos realizar as anotações.



ESPÉCIES	Bipedalismo	Uso do fogo	Vida em sociedade	Uso de ferramentas	Cultura/Religião/Rituais
<i>Homo sapiens</i>	X	X	X	X	X
<i>Homo habilis</i>					
<i>Homo erectus</i>					
<i>Homo ergaster</i>					
<i>Homo heidelbergensis</i>					
<i>Homo neanderthalensis</i>					
<i>Homo florensiensis</i>					



Fonte: SMITHSONIAN INSTITUTION. Human family tree. National Museum of Natural History, [ano]. Disponível em: <<https://humanorigins.si.edu/evidence/human-family-tree>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES**Estação 3**
Evolução Humana

O objetivo dessa estação é de organizar e visualizar de maneira clara e interconectada as principais transformações biológicas e culturais da linhagem humana ao longo do tempo.

Disponibilidade para os estudantes

- Mapa mental a ser preenchido;
- Computador ou tablets com acesso a internet.
- Material informativo.

! Nessa estação os estudantes irão realizar uma pesquisa para completar o mapa mental.

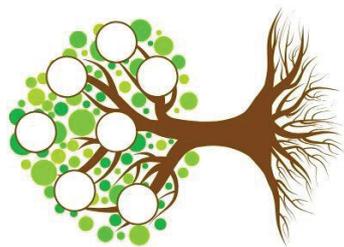
! Eles devem:

- Identificar / lembrar os hominídeos que foram estudados;
- Relacionar as características evolutivas e as evidências da evolução.
- Indicar as adaptações humanas.

! Os estudantes podem usar a internet para pesquisarem ou o professor disponibilizar material informativo.



Evidências da Evolução



Principais Hominídeos

EVOLUÇÃO HUMANA

Adaptações Humanas

Observações

Características Evolutivas

Handwriting practice lines for notes. The page contains several sets of horizontal lines for writing, organized into columns around the central diagram.

ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES**Estação 4**
Evolução Humana

O objetivo dessa estação é de organizar e visualizar de maneira clara e interconectada as principais transformações biológicas e culturais da linhagem humana ao longo do tempo.

Disponibilidade para os estudantes

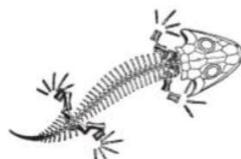
- Textos;
- Computador ou tablets com acesso a internet.
- Material informativo.

Nessa estação os estudantes irão realizar a leitura de dois textos sendo:

- Os registros fósseis e as doenças;
- O neandertal com o tumor mais antigo.

Eles devem:

- Eles devem interpretar o artigo com base no que estudaram;
- Responder as questões que se pede.



ESTAÇÃO 4



Os registros fósseis e as doenças

Os cientistas estão sempre coletando resultados para aprofundar a teoria evolutiva. Muitas informações sobre espécies extintas e relações evolutivas foram obtidas da paleontologia. Os fósseis são encontrados em camadas de rochas sedimentares que foram depositadas ao longo da história da Terra e eles são a nossa principal evidência das mudanças que ocorreram entre os organismos no nosso planeta. As relações evolutivas e a idade desses fósseis podem ser inferidas dependendo de onde foram encontrados dentro dessas camadas. Supõe-se que os fósseis mais profundos nas camadas são mais antigos do que os fósseis localizados nas camadas rochosas superiores. Além das relações evolutivas, em alguns casos, é possível determinar se o organismo fossilizado tinha alguma doença. Uma vez que os fósseis consistem principalmente em estruturas mais rígidas, como os ossos, geralmente são apenas as doenças que afetam o sistema esquelético que são observáveis.

O Neandertal com o tumor mais antigo

Em 2013, cientistas da Universidade da Pensilvânia, nos EUA, identificaram um tumor ósseo em um fóssil neandertal que viveu há 120 mil anos na região onde atualmente fica a Croácia, em uma caverna do sítio arqueológico de Krapina.

Por meio de exames de raio X e tomografia computadorizada, os pesquisadores analisaram um fragmento de costela de 30 milímetros do fóssil e identificaram o tumor como uma "displasia fibrosa", desordem no desenvolvimento ósseo que é a forma mais comum da doença em seres humanos.

De acordo com os dados, o tumor estava na costela esquerda, o indivíduo era macho e morreu ainda jovem. Segundo os autores, liderados pela paleoantropóloga Janet Monge, não foram encontrados outros restos que possam pertencer a esse neandertal, nem há provas suficientes de que o tumor foi a causa da morte dele ou tenha contribuído para isso.

O trabalho destacou que o tumor fornece outra ligação entre os neandertais e os povos modernos porque parte da nossa ascendência passa realmente pelos neandertais, que tinham um desenvolvimento de ossos e dentes semelhante ao nosso e compartilhavam as mesmas doenças que nós. A descoberta é considerada muito especial porque os tumores ósseos são muito raros em fósseis e registros pré-históricos.

Todo crescimento e aumento no número de células de forma anormal e descontrolada é chamado de tumor e pode ocorrer em qualquer parte do nosso corpo. O tumor pode ser maligno, ou seja, ter a capacidade de migrar do local onde se iniciou, invadir outros tecidos e se espalhar para outras partes do corpo. Já o tumor benigno, no geral, cresce e fica restrito ao local onde se iniciou. O referido material fóssil encontrado se caracterizou como um tumor benigno.



Essa descoberta também questiona o conceito do câncer ser uma doença moderna associada ao estilo de vida atual, utilização de tabaco e a poluição resultante da industrialização, indicando que os neandertais eram suscetíveis aos mesmos tipos de tumores que os humanos modernos estão sujeitos, apesar de viverem em ambientes extremamente diferentes. Além disso, pelo fato do fóssil ser de um indivíduo jovem também afeta a ideia de que a maioria dos cânceres ocorre em pessoas mais velhas.

Fontes:

Tumor ósseo mais antigo atingiu neandertal há 120 mil anos, diz estudo. G1, 2013. Acesso em: 29, ju. 2022.
KRAMER, Melody. O Neandertal com o Tumor mais Antigo do Mundo. National Geographic, 2013. Acesso em 29, jun. 2024.

**DISCUTA COM SEU GRUPO
E REGISTRE**

- 1 - Leia o artigo "O neandertal com o tumor mais antigo" e descreva o que seu grupo entendeu.
- 2 - Como o registro fóssil pode fornecer evidências das relações evolutivas?



Evolução Humana

**Construção de Conceitos
Material do Estudante****Estação 04
Ancestralidade**

Nome: _____

Usar os modelos tridimensionais de réplicas de crânios, sendo um crânio humano, um crânio de chimpanzé, Gorila e de crânios ancestrais humanos (*Australopithecus afarensis*, *Homo erectus* e *Homo neanderthalensis*) para construir um cladograma, ao finalizar usar a máquina fotográfica para fazer um registro.



SAIBA MAIS...**DESCRIÇÃO**

- A seção Saiba Mais foi elaborada para oferecer recursos adicionais aos professores que desejam aprofundar seus conhecimentos sobre a evolução humana e explorar novas abordagens didáticas. Aqui, são disponibilizados materiais científicos, didáticos e audiovisuais que podem ser utilizados para complementar as aulas, tornando o ensino mais dinâmico e atualizado.

**Material de apoio
para o professor***Evolução Humana***Recursos:**

- Artigos científicos e livros.
- Documentários e vídeos.
- Atividades interativas e recursos digitais.
- Sugestões de museus virtuais e acervos científicos disponíveis online.

OBJETIVOS

- Fornecer fontes científicas e didáticas confiáveis sobre evolução humana.
- Apresentar materiais complementares que auxiliem na diversificação das estratégias de ensino.
- Disponibilizar sugestões de leituras, vídeos, artigos acadêmicos e outras ferramentas úteis para aprofundamento e atualização.
- Incentivar o uso de metodologias ativas e interdisciplinares no ensino da evolução humana.



SAIBA MAIS....

Livros e Artigos

- Livro: Eu, Primata: Por Que Somos Como Somos
- Livro: Lieberman, Daniel E. The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease. Pantheon, 2013.
- Artigo: Ensino de Biologia e Contextualização do Conteúdo: Quais Temas o Aluno de Ensino Médio Relaciona com seu Cotidiano?
- Artigo: E no princípio... era o macaco!
- Artigo: Evolução humana nos livros didáticos de Biologia: o antropocentrismo em questão.
- Artigo: Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos?

- Banco de artigos científicos:

Google Scholar – Pesquisar por "hominin evolution"

SciELO – Pesquisar "evolução humana"

Reportagens e apresentações

- Sapiens – uma nova história da humanidade
- Neandertais também eram capazes de produzir cordas e provavelmente tecidos
- Texto: Sapiens – uma nova história da humanidade
- Osso esculpido há 51 mil anos pode ser obra de arte mais antiga do mundo
- NEANDERTAIS USARAM FOGO PARA CONFECCIONAR FERRAMENTAS.
- Cérebro de nossa ancestral "Lucy" parecia o de um macaco
- A evolução tornou o cérebro humano mais maleável do que o do chimpanzé
- O Mundo e os Seres Humanos UMABREVEHISTÓRIADOHOMOSAPIENS



SAIBA MAIS....

Documentários e Vídeos

- [Aulas USP. A SAGA DA HUMANIDADE \(12 aulas\).](#)
- Documentário: [The Journey of Man - A Genetic Odyssey](#). Pode ser trabalhado interdisciplinarmente com as disciplinas de inglês e Geografia.
- Documentário: [The Missing Link That Wasn't](#) (O elo perdido que não existia).
- Documentário: [Neanderthals 101 | National Geographic](#)
- Documentário: [Evolução Humana.](#)
- Documentário: [Como os neandertais foram extintos?](#)
- Documentário: [A vida dos Neandertais: Os humanos do gelo](#)
- Filme: [EVA genética.](#)
- Vídeo: [A saga da Humanidade: aula 3.](#)

Recursos Digitais

- [Museu Virtual de Evolução Humana.](#)
- [Recursos de Evolução Humana.](#)
- [Modelos 3D Crânios de Hominídeos](#)
- [Fósseis de Hominídeos - Digitalização 3D](#)
- Simulador de evolução humana: [Human Evolution Timeline \(Smithsonian\)](#)
- Modelos 3D de fósseis humanos: [African Fossils](#) – Possibilita a visualização em 3D de crânios e ossos fósseis.
- Projeto OpenEvo: [Planilhas de medição de crânios hominídeos](#)



SAIBA MAIS....

Museus Virtuais e Acervos Científicos

- [Smithsonian Human Origins Program](#)
- [Natural History Museum \(Londres\) – Human Evolution](#)
- [American Museum of Natural History – Human Evolution:](#)

Link para o download dos arquivos em 3D: https://drive.google.com/file/d/19VI-BMWdjXLe02kKBcbhfCC_q7k0QK-m/view?usp=drive_link

APÊNDICE

Réplicas em 3D

Imagem 1: Réplica *Gorilla sp.*



Imagem 2: Réplica *Pan troglodytes*.



APÊNDICE

Imagem 3: Réplica Chimpanzé bebê.



Imagem 4: Réplica *Australopithecus afarensis*.



APÊNDICE

Link para o download dos arquivos em 3D: https://drive.google.com/file/d/19VI-BMWdjXLe02kKBcbhfCC_q7k0QK-m/view?usp=drive_link

Imagem 7: Réplica em 3D *Homo sapiens*.



APÊNDICE

Link para o download dos arquivos em 3D: https://drive.google.com/file/d/19VI-BMWdjXLe02kKBcbhfCC_q7k0QK-m/view?usp=drive_link

Imagem 5: Réplica *Homo neanderthalensis*.

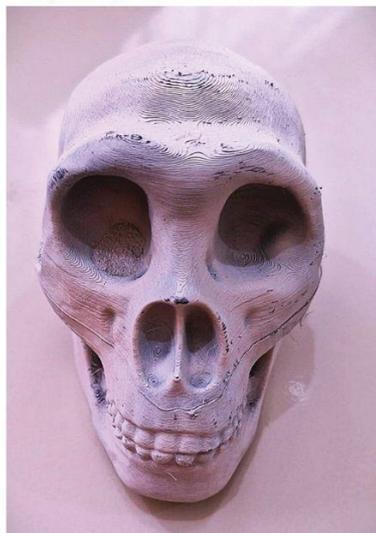


Imagem 6: Réplica em 3D *Homo erectus*.



BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação e Cultura: 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 13 de jul. de 2024.

DURÉ, Ravi Cajú; ANDRADE, Maria José Dias de; ABÍLIO, Francisco José Pegado. **Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano?** Experiências em Ensino de Ciências, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: https://www.if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.

GLOBO CIÊNCIA. **Se o homem evoluiu do macaco, por que ainda existem macacos? Parte 1**. YouTube, 6 jun. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UokGUVQx5xM>. Acesso em: 20 nov. 2024.

Linhares, S., e Gewandsnajder, F. **Biologia Hoje**. São Paulo: Ática, 2011.

LIMA, Mariana Araguaia de Castro Sá. **Evolução humana**. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/evolucao-humana.htm>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MATSUMURA, Molleen; MEAD, Louise. **Dez grandes casos judiciais sobre evolução e criacionismo**. National Center for Science Education, 6 jun. 2016. Disponível em: <https://ncse.ngo/ten-major-court-cases-about-evolution-and-creationism>. Acesso em: 20 nov. 2024.

Meyer, D.; El-Hani, C. N. **Evolução: O Sentido Da Biologia**. Coleção Paradidáticos: Série Evolução. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2005. 136 p. ISBN 8571396027, 9788571396029.

MOURA, Adriana Ferro; LIMA, Maria Glória. **A reinvenção da roda: roda de conversa: um instrumento metodológico possível**. Revista Temas em Educação, João Pessoa, v. 23, n. 1, p. 98-106, jan.-jun. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/rteo/article/view/18338/11399>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MUSEU DE PALEONTOLOGIA DA UC. **Equívocos sobre a evolução**. UC Berkeley Evolution, [S. l.], disponível em: <https://evolution.berkeley.edu/teach%20evolution/misconceptions-about-evolution/#h1>. Acesso em: 20 nov. 2024.

NEVES, Walter. **A Saga da Humanidade -- Aula 2 (Chimpanzés e humanos, II)**. YouTube, 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3ESKqXuCFY>. Acesso em: 22 fev. 2025.

NOGUEIRA, Salvador. **Sapiens - uma nova história da humanidade**. Superinteressante, 2021. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/sapiens-uma-nova-historia-da-humanidade>.

SMITHSONIAN INSTITUTION. Hominin fossils. Disponível em: <https://3d.si.edu/collections/hominin-fossils>. Acesso em: 15 mar. 2025.

PALEONTOLOGIA DA UC. Entendendo a Ciência 101: **A ciência tem limites: algumas coisas que a ciência não faz**. UC Berkeley Understanding Science, [S. l.], disponível em: <https://undsci.berkeley.edu/understanding-science-101/what-is-science/science-has-limits-a-few-things-that-science-does-not-do/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

REECE, J.; URRY, L.A.; CAIN, M.L.; WASSERMAN, S.A.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. J. **Biologia de Campbell**. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 737-742.

TEIXEIRA, Pedro. **Evolução x Criacionismo na escola: quais os objetivos do ensino de Biologia?** In: Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino (ENDIPE), Fortaleza, CE, Brasil, nov. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347710817_EVOLUCAO_X_CRIACIONISMO_NA_ESCOLA_QUAIS_OS_OBJETIVOS_DO_ENSINO_DE_BIOLOGIA. Acesso em: 20 nov. 2024.

THELOS. **Entenda a relação entre religião e ciência**. Disponível em: <https://thelos.org.br/entenda-a-relacao-entre-religiao-e-ciencia/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

TRIFOLIUM VALLE. **Árboles filogenéticos - Phylogenetic trees**. 2011. Disponível em: <https://trifolium-valle.blogspot.com/2011/11/arboles-filogeneticos-philogenetic.html>. Acesso em: 12 nov. 2024.



ANEXO III

Proposta de questionário para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre a temática evolução humana.

QUESTIONÁRIO – EVOLUÇÃO HUMANA

O que você entende por "evolução" no contexto biológico?

- a) Mudanças individuais em um organismo ao longo do tempo.
- b) Processo pelo qual os seres vivos se desenvolvem durante a vida.
- c) Mudanças nas características de uma população de seres vivos ao longo de gerações.
- d) Algo relacionado a extinção de espécies.

O que é uma espécie ancestral?

- a) Um antepassado de uma única espécie.
- b) Um organismo que viveu há muito tempo e já não existe.
- c) Um organismo que é ancestral de diferentes espécies existentes.
- d) Um organismo que se originou em outro planeta.

Você já ouviu falar que o homem veio (ou descende) do macaco?

- a) Sim
- b) Não

Qual é a ideia principal por trás da afirmação "O homem veio do macaco"?

- a) Os seres humanos são descendentes diretos dos macacos modernos.
- b) Macacos e seres humanos compartilham um ancestral comum que viveu há milhões de anos.
- c) Os seres humanos são uma espécie completamente diferente e não possuem relação com os macacos.

O que é um ancestral comum em relação aos seres humanos e aos macacos?

- a) Um macaco moderno que se transformou em ser humano ao longo do tempo.
- b) Um ser humano do passado que se transformou em um macaco moderno.
- c) Um organismo que é ancestral tanto dos seres humanos quanto dos macacos atuais.
- d) A visão científica afirma que os humanos descendem diretamente de macacos modernos, o que é amplamente aceito.

Qual é a teoria que explica a evolução das espécies, incluindo os seres humanos?

- a) Teoria do Criacionismo.
- b) Teoria da Relatividade.
- c) Teoria da Evolução de Darwin.

Qual é a importância dos fósseis na compreensão da evolução, inclusive a humana?

- a) Fósseis são restos de dinossauros.
- b) Fósseis são evidências das mudanças ao longo do tempo e das espécies antigas, incluindo os ancestrais humanos.
- c) Fósseis são evidências de animais extintos que não têm relação com os seres humanos.

Seres humanos, chimpanzés e gorilas são primatas

- a) Apenas chimpanzés e gorilas são primatas.
- b) Humanos, chimpanzés e gorilas são primatas.

A espécie humana representa o ápice da evolução, ou seja, os humanos são os seres mais evoluídos de todos os seres vivos.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Os seres vivos mudam ao longo do tempo para adaptarem-se ao meio ambiente em que vivem.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

A Evolução é uma teoria baseada apenas em suposições, não em evidências.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

Você já participou de alguma aula ou atividade que abordou o tema Evolução Humana? Se sim, como foi essa experiência?

- a) Sim, já participei de uma aula ou atividade que abordou o tema Evolução Humana.
- b) Não, nunca participei de uma aula ou atividade que abordasse o tema Evolução Humana.
- c) Não me lembro se já participei de uma aula ou atividade sobre o tema Evolução Humana.
- d) Outro _____

Você já participou de alguma aula ou atividade que usou material didático em 3D?

- a) Sim
- b) Não