




RESEARCH ARTICLE

Proposta de um Plano de Aula simplificado sobre Paleontologia Molecular para a inserção em disciplina de Biologia do Ensino Médio

Everton Fernando Alves ^{a,1}, Weliton Augusto Gomes ^{b,2}, Marcio Fraiberg Machado ^{c,3}

(a) Mestre em Ciências (Imunogenética) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) | Coordenador do PaleoMol – Laboratório Virtual de Paleontologia Molecular | Maringá, Brasil | Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/3222964702763728>

(1) E-mail (Corresponding author): efalves.mga@gmail.com

(b) Graduado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Campos de Andrade (UNIANDRADE) | Pós-graduando em Bioética e Ética Aplicada pela Universidade de Caxias do Sul | Araucária, Brasil | Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/5734520797356487>

(2) E-mail: augustoweliton0@gmail.com

(c) Doutor em Educação em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC/RS) | Professor de Ciências e Biologia - Secretaria Municipal de Educação de Palhoça (SME/PH) | Palhoça, Brasil | Lattes ID: <http://lattes.cnpq.br/4972444965366720>

(3) E-mail: profmarciofraiberg@gmail.com

História do artigo / Article history

Recebido: 25 junho 2021 | Aceito: 07 setembro 2021 | Publicado online: 24 setembro 2021.

©O(s)Autor(es) 2021 | Publicado por RBRAEM. Este artigo é publicado com acesso aberto sob os termos da licença internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY-NC  4.0).

RESUMO

Neste trabalho, buscou-se apresentar uma proposta de Plano de Aula simplificado sobre o ensino de conteúdos básicos de Paleontologia Molecular, para ser inserido na disciplina de Biologia durante os últimos anos do Ensino

Médio, visto que é um tema contemporâneo e de carência na área, já que, quando presente nos livros didáticos, é geralmente discutido de forma isolada, descontextualizada e sem conexão com os tópicos do registro fóssil. Em particular, vislumbra-se a sua essencial utilidade para a organização de sequências didáticas que contemplem uma aplicação de conteúdos atuais acerca do registro fóssil e sua utilização no conhecimento da biologia de espécies extintas. Com esse intuito, apresentamos e discutimos uma visão sobre o processo instrucional e, no seu particular, sobre a aula, passando a indicar diretrizes para o desenvolvimento e a avaliação de uma aula sobre Paleontologia Molecular. Portanto, essa proposta de Plano de Aula trouxe um apanhado geral do conhecimento paleomolecular, tornando mais ágil e prático o acesso à pesquisa e a escolha do material por parte do professor. A sequência didática foi pensada para os últimos anos do Ensino Médio, já que pressupõe a capacidade do estudante reconhecer certas terminologias e avaliar criticamente a literatura científica. Também, o recurso é destinado à aplicação em três aulas, sendo destinado um tempo maior na última aula para uma avaliação do estudante. Consideramos que a aplicação dos elementos básicos da Paleontologia Molecular como conteúdo às aulas de Biologia, constitui-se um cenário urgente a um ensino de qualidade.

Palavras-chave | Base Nacional Comum Curricular. Ensino de Biologia. Ensino de Paleontologia. Fósseis. Biomoléculas endógenas.

ABSTRACT/RESUMEN

Proposal for a simplified Lesson Plan on Molecular Paleontology for inclusion in a High School Biology subject

Abstract | In this work, we sought to present a proposal for a simplified Lesson Plan on the teaching of basic contents of Molecular Paleontology, to be inserted in the discipline of Biology during the last years of High School, as it is a contemporary and lacking theme in the area, since, when present in textbooks, it is usually discussed in an isolated, decontextualized way and without any connection with the topics of the fossil record. In particular, its essential utility for the organization of didactic sequences that contemplate an application of current contents about the fossil record and its use in the knowledge of the biology of extinct species is glimpsed. With this in mind, we present and discuss a view on the instructional process and, in particular, on the class, starting to indicate guidelines for the development and evaluation of a class on Molecular Paleontology. Therefore, this proposed Lesson Plan brought a general overview of paleomolecular knowledge, making access to research and the choice of material by the teacher more agile and practical. The didactic sequence was designed for the last years of High School, as it presupposes the student's ability to recognize certain terminologies and critically evaluate the scientific literature. Also, the resource is intended for application in three classes, with more time being allocated in the last one for student evaluation. We consider that the application of the basic elements of Molecular Paleontology as a content to Biology classes constitutes an urgent scenario for quality teaching.

Keywords | National Common Curricular Base. Biology teaching. Paleontology Teaching. Fossils. Endogenous Biomolecules.

Propuesta de un Plan de Lección simplificado sobre Paleontología Molecular para su inclusión en una asignatura de Biología de la escuela secundaria

Resumen | En este trabajo se buscó presentar una propuesta de Plan de Lección simplificado sobre la enseñanza de contenidos básicos de Paleontología Molecular, para ser incluido en la disciplina de la Biología durante los últimos años de la escuela secundaria, por ser un tema contemporáneo y carente en el área, ya que, cuando está presente en los libros de texto, generalmente se discute de manera aislada, descontextualizada y sin conexión con los temas del registro fóssil. En particular, se vislumbra su utilidad esencial para la organización de secuencias didácticas para la aplicación de contenidos sobre el registro fóssil y su uso en el conocimiento de la biología de especies extintas. Con esto en mente, es presentada y discutida una perspectiva sobre el proceso instruccional y, específicamente, indicando pautas para el desarrollo y evaluación de una clase de Paleontología Molecular. Por lo tanto, se espera que este Plan

de Lección propuesto haga más ágil y práctico el acceso a la investigación y la elección del material por parte del docente. La secuencia didáctica fue diseñada para los últimos años de la escuela secundaria, ya que presupone la capacidad del estudiante para reconocer ciertas terminologías y evaluar críticamente la literatura científica. Además, el recurso está destinado a ser aplicado en três clases, dedicando más tiempo a la evaluación de los Estudiantes en la última de ellas. Consideramos que la aplicación de los elementos básicos de la Paleontología Molecular a las clases de Biología constituye un escenario urgente para una enseñanza de calidad.

Palabras-clave | Base Nacional Común Curricular. Enseñanza de Biología. Enseñanza de Paleontología. Fósiles. Biomoléculas endógenas.

Introdução

O ato de propor um modelo de Plano de Aula se dá a partir da definição do que vem a ser o processo instrucional e sua unidade mais fundamental, a aula, passando pela apresentação de diretrizes para a sua proposição, o seu desenvolvimento e a sua avaliação (FERREIRA; SILVA FILHO, 2019).

A instrução diz respeito à formação intelectual e ao desenvolvimento das capacidades cognitivas do estudante por meio da obtenção de determinados níveis de conhecimento sistematizados, ao passo que o ensino está relacionado a ações, meios e condições para que a instrução seja possível de ser realizada (LIBÂNEO, 1994). A execução do ensino, por sua vez, se dá pelo sequenciamento didático, que é o processo comum por meio do qual é possível organizar atividades em termos de assuntos e de procedimentos (FERREIRA; SILVA FILHO, 2019).

A atividade do professor, assim como toda atividade humana, necessita ser planejada para que os objetivos educacionais sejam alcançados (JAHN, 2004). Isso porque o planejamento auxilia o professor a fim de que este evite a improvisação, preveja conteúdos necessários e atuais ao aprendizado do aluno e estabeleça caminhos que norteiem o desenvolvimento da ação educativa.

Mesmo sendo ato do professor, estabelecido pela Lei 9.394/96 (BRASIL, 2017), em seus parágrafos I e II, do artigo XIII, com referência direta ao ato de participar da elaboração do Plano Político Pedagógico e de

desenvolver seu plano de curso com objetivos, metas e atividades, o ato de planejar, quando analisado e discutido, pode ir além da ideia de uma tarefa cansativa, desnecessária ou ainda rotineira e sem sentido, pois agora, vem sugestionado com o olhar dos pesquisadores da área.

Outro fator preponderante no processo de ensino e aprendizagem é a utilização de elementos da história da ciência e das principais discussões científicas como recursos que permitem a contextualização necessária para localizar o ensino no mundo real do estudante, ampliando o estudo com situações de aplicação real (CANDAUI, 2011; BAPTISTA, 2014; BARBOSA; RAMOS, 2020). Essa articulação é essencial no desenvolvimento de habilidades específicas da área das Ciências Naturais presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), que prevê essa articulação propondo “que os estudantes possam construir e utilizar conhecimentos específicos da área para argumentar, propor soluções e enfrentar desafios locais e/ou globais, relativos às condições de vida e ao ambiente” (BRASIL, 2018, p. 470).

Uma proposta de Plano de Aula relacionada a qualquer assunto referente aos achados encontrados no registro fóssil deve ser sempre compreendida como limitada e incompleta, devido ao caráter multifacetado e complexo da área (FERREIRA; SILVA FILHO, 2019). Porém, ainda assim pode ser entendida como um importante promotor de parametrização do processo pedagógico, em particular no âmbito do ensino atualizado de

conteúdos paleontológicos durante a disciplina de Biologia do Ensino Médio.

Essa ideia está em conformidade com especialistas da área que cada vez mais vêm reforçando a ideia de que a *Paleontologia Molecular* precisa ser urgentemente ensinada não apenas no ambiente universitário, mas também nos níveis da Educação Básica, conforme afirma o tafônomo molecular polonês Dawid Surmik, professor assistente e membro do Grupo de Pesquisa em Paleoecologia e Tafonomia do Instituto de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências Naturais da Universidade da Silésia,

A meu ver, as disciplinas de ciências, Geografia e Biologia que compõem os currículos da Educação Básica [...] devem trazer elementos que possibilitem ao aluno entender que o registro fóssil, às vezes, preserva mais do que tecidos duros – ossos e dentes. Isso certamente tornará o currículo mais atraente! Os jovens têm vontade de aprender e, com certeza, cada um gostaria de encontrar DNA de dinossauro (ALVES, 2021a, p. 3-4).

De acordo com o paleontólogo molecular Dr. Edwin Cadena, professor associado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Sistema Terrestre e membro do Grupo de Pesquisa de Paleontologia Neotropical Tradicional e Molecular da Universidad del Rosario (Bogotá),

Os achados da Paleontologia Molecular fazem parte da informação que foi preservada nos fósseis e, portanto, fazem parte da sua essência, assim como estudamos sua variabilidade morfológica, sua diversidade, seu tamanho, entre outros, devemos também ensinar às crianças e adolescentes que, em alguns casos, a preservação da vida passada pode atingir uma escala anteriormente impensável (ALVES, 2021b, p. 33).

Portanto, a ideia de inserção de uma aula específica sobre assuntos básicos da *Paleontologia Molecular* durante a disciplina de Biologia para os anos finais do Ensino Médio

justifica-se, pois é de responsabilidade dos professores e gestores educacionais do Ensino Básico proporcionar um currículo atualizado que responda às necessidades dos futuros universitários (CARRIJO; CANDEIRO, 2010). Ademais, é necessário que os educadores da rede básica de ensino acompanhem as mudanças do conhecimento científico, pois elas terão grande impacto tanto sobre a sua prática docente quanto sobre a formação da futura geração de profissionais (GODOY et al., 2017).

Até então, nenhuma proposta ainda havia sido feita para o ensino de conteúdos paleomoleculares na disciplina de Biologia para estudantes do Ensino Médio. Logo, este estudo é o primeiro, até onde se sabe, no Brasil. Assim, objetivou-se neste trabalho apresentar uma proposta de Plano de Aula simplificado, com conteúdos básicos da *Paleontologia Molecular*, para ser inserido na disciplina de Biologia para os últimos anos (2º e 3º anos) do Ensino Médio.

Paleontologia Molecular, conceitos e contextos

A *Paleontologia Molecular* é um campo de pesquisa interdisciplinar que pode ser definido como o estudo, por meio da recuperação, análise e caracterização de biomateriais não mineralizados que podem ser rastreados até sua fonte e que podem lançar luz sobre a história diagenética molecular de um organismo (SCHWEITZER, 2003).

Os *biomateriais não mineralizados*, objetos de estudo da *Paleontologia Molecular*, são definidos como um conjunto de materiais biológicos que incluem os tecidos moles, células, moléculas orgânicas e/ou seus produtos de degradação, em nível de grupos funcionais úteis para rastreamento da molécula original, que não são tecidos originalmente biomineralizados (e.g., ossos e dentes), e que, de alguma forma, não foram substituídos por minerais durante a fossilização (SCHWEITZER, 2003, 2004; ALVES; MACHADO, 2020, 2021a).

Diversos tipos de achados de *biomateriais não mineralizados* têm sido reivindicados em fósseis de animais invertebrados e vertebrados de todas as eras do Éon Fanerozoico, tais como estruturas do tecido

epitelial e conjuntivo, vasos sanguíneos, válvulas venosas, nervos periféricos, hemácias, osteócitos, condrócitos, remanescentes bioquímicos como proteínas, lipídios, pigmentos de melanina e feomelanina, compostos intracelulares quimicamente consistentes com o DNA e dados de sequências peptídicas, incluso os de proteína histona H4, entre outros (BAILLEUL et al., 2020; REEST; CURRIE, 2020; ALVES; MACHADO, 2020; ARMITAGE; SOLLIDAY, 2020; ARMITAGE, 2021).

Sendo assim, a importância da *Paleontologia Molecular* se concentra nas informações obtidas a partir do registro de ocorrências de *biomateriais não mineralizados* em fósseis encontrados em rochas das Eras Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica, cujas contribuições têm sido relacionadas à compreensão da dieta, morfologia, fisiologia, evolução, função, relações filogenéticas, ecossistemas antigos e extinção de grupos diversos de táxons animais e vegetais (SCHWEITZER et al., 2019).

O estudo das biomoléculas remanescentes nos fósseis também possibilita entender os *processos de diagênese molecular*, ou seja, as alterações acumuladas na molécula como resultado da degradação, modificação e interação com resíduos geoquímicos, e outros fatores dentro do ambiente de deposição que contribuem para a preservação dessas mesmas moléculas (SCHWEITZER, 2003). Além disso, compreender os tipos de mudanças pelas quais as moléculas passam permite aos investigadores paleomoleculares *prever as chances de recuperação molecular* de fósseis em vários ambientes.

A busca por moléculas orgânicas em fósseis pode ser realizada a partir de duas possíveis abordagens de investigação a nível molecular: Paleogenômica e Paleoproteômica. A Paleogenômica é um ramo da Biologia molecular baseado na identificação, caracterização, reconstrução e análise de informações genômicas contidas em moléculas de DNA antigo (aDNA) preservadas em fósseis de espécies extintas, utilizando, para tanto, métodos aprimorados de extração e de sequenciamento (LAN; LINDQVIST, 2018).

A Paleoproteômica, por sua vez, é um ramo de pesquisa biomolecular mais jovem que a Paleogenômica, e se dedica a investigar os fósseis em busca de proteínas antigas utilizando-se da tecnologia de sequenciamento baseada em proteômica a fim de: 1) detectar a presença de proteínas, 2) quantificar o teor de proteínas e 3) identificar e caracterizar proteínas específicas e/ou seus constituintes; e a partir disso, realizar a identificação de espécies e a reconstrução e análise das relações evolutivas de táxons extintos (BUCKLEY, 2008; BOSKOVIC et al., 2021).

Embora os achados reivindicados de biomateriais originais em fósseis remontam às décadas de 1950 (ABELSON, 1956; EZRA; COOK, 1959) e 1960 (LITTLE; KELLY; COURTS, 1962; ISAACS et al., 1963; WYCKOFF et al., 1963), foi somente em 1966 que o professor e médico polonês Roman Pawlicki, da Universidade Jaguelônica (Polônia), publicou o primeiro estudo acerca da reivindicação de preservação original de biomateriais endógenos microscópicos em fósseis de dinossauros. A partir de então passou a ser considerado o pioneiro na aplicação de técnicas moleculares aos fósseis desses vertebrados extintos (PAWLICKI; DKORBEL; KUBIAK, 1966; ALVES, 2021a).

Mas, ainda assim, a *Paleontologia Molecular* estava longe de ser reconhecida pela comunidade científica como um campo de pesquisa promissora. Em 2005, tão somente, é que uma das pesquisas da Dra. Mary Schweitzer, paleontóloga norte-americana, Professora-Pesquisadora da Universidade Estadual da Carolina do Norte (E.U.A.), popularizou os achados de *biomateriais não mineralizados* e, assim, estabeleceu oficialmente o campo de investigação paleomolecular (SCHWEITZER et al., 2005).

Portanto, ainda que a *Paleontologia Molecular* já possua mais de quinze anos de vida (ALVES, 2020) ainda assim raros são os livros didáticos do Ensino Básico que apresentem a história dos achados de materiais orgânicos originais excepcionalmente preservados no interior dos fósseis que tem revolucionado a Paleontologia. Diante disso, percebe-se que é preciso mudar essa realidade.

Os conteúdos de Paleontologia Molecular nos livros didáticos e sua relação com a construção de um Plano de Aula

Estudos têm mostrado que os livros didáticos aprovados e incluídos no catálogo do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD, triênios 2015-2017 e 2018-2020), não conseguem acompanhar o grande volume de informações publicadas anualmente pela comunidade científica e, por ser o principal recurso didático utilizado pelos professores, acaba fazendo com que os temas da Paleontologia sejam trabalhados superficialmente ou equivocadamente (ALVES, 2021c). Além desse fato, os professores da disciplina de Biologia, em geral, apresentam formação inicial em Paleontologia pouco aprofundada (ZUCON, 2010; NOBRE; FARIAS, 2015).

Observa-se que conteúdos da *Paleontologia Molecular* ainda não têm sido contemplados em sua totalidade e tampouco de forma adequada nos livros didáticos brasileiros de Biologia do Ensino Médio. Porém, algumas obras já começaram a discutir, mesmo que de forma isolada, alguns dos elementos que compõem o campo de estudo da *Paleontologia Molecular*, como é o caso das técnicas de Biologia Molecular, frequentemente associadas com conteúdos de Biotecnologia e Engenharia Genética com fins de clonagem e desextinção de espécies (CARVALHO, 2013; CHAVES; CAMAROTTI, 2015; LOPES; ROSSO, 2016), e por vezes simplesmente associadas a conteúdos mais comuns como no caso do estudo de parentesco evolutivo entre dinossauros e aves.

Por exemplo, o livro didático do 2º ano do Ensino Médio, de autoria de Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016), em seu capítulo *Aves e Mamíferos*, no tópico sobre *Evolução*, traz um Box contendo a seguinte questão: Aves são dinossauros? Ao longo da discussão, os autores inserem elementos da *Paleontologia Molecular*, mais especificamente relacionados a uma de suas abordagens de investigação: a Paleoproteômica. Na exposição, eles divulgam uma notícia a respeito da descoberta da Dra. Mary Schweitzer, referência mundial em

pesquisas paleomoleculares, que encontrou biomateriais originais preservados em um fêmur de *Tyrannosaurus rex* (SCHWEITZER et al., 2007), e fazem uma correlação com o parentesco evolutivo que estes têm com as aves ao mencionar que:

Em 2007, cientistas conseguiram extrair colágeno (uma proteína) do osso do fêmur de um tiranossauro com 68 milhões de anos e compararam esse colágeno com o da galinha atual, constatando que eles são bastante parecidos: mais um fato que apoia a ideia de um parentesco evolutivo entre dinossauros e aves, indicando que esses dois grupos descendem de um ancestral comum. (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2016, p. 209).

Por sua vez, o livro didático do 3º ano do Ensino Médio, de autoria de Lopes e Rosso (2016), também traz elementos da *Paleontologia Molecular*, mas, desta vez, relacionando-os à outra abordagem de investigação paleomolecular: a Paleogenômica. Tal abordagem é relatada no capítulo *Biotecnologia*, mais especificamente no tópico *Recuperação de espécies em extinção*, no qual os autores fazem a seguinte menção:

No filme *Jurassic Park*, de Steven Spielberg, é proposta a recuperação de seres extintos, como os dinossauros, por meio do material genético de fósseis. Recuperar parte do material genético de fósseis é possível e isso tem sido feito, mas ainda não existe a possibilidade de recuperar o organismo inteiro.

No entanto, espécies extintas mais recentemente e com parentes muito próximos ainda vivos têm maiores chances de serem recuperadas. Foi o que aconteceu com a zebra quagga, extinta em 1883. O Projeto Quagga teve início em 1987 por pesquisadores da África do Sul. Esses pesquisadores examinaram o DNA de zebras de outras espécies que apresentavam características da quagga (poucas listras na parte traseira, coloração amarronzada e igual nas patas) e

compararam com o DNA das quaggas extintas, que estão empalhadas em museus. Então, escolheram as zebras geneticamente mais aparentadas com a quagga e realizaram cruzamentos, até que começaram a nascer zebras mais semelhantes às extintas quaggas (LOPES; ROSSO, 2016, p. 226).

Entende-se como positiva a estratégia utilizada em um dos livros didáticos ao discutir assuntos da Paleontologia fazendo um *link* com elementos da cultura pop como, no caso, do filme *Jurassic Park* e à proposta que a filmografia traz a respeito da desextinção de espécies extintas de dinossauros a partir da recuperação de material genético extraído do interior de insetos aprisionados em um âmbar fossilizado. Estratégias como esta se tornam eficientes, uma vez que se utiliza de elementos que fazem parte do conjunto de informações que os alunos já trazem como bagagem de conhecimento adquirido da mídia popular, a qual sintetiza temas relevantes que vêm sendo debatidos no campo da Paleontologia, bem como por ser *Jurassic Park* a série mais explorada e citada em pesquisas da área de Ensino de Ciências e de Biologia a partir de entrevistas com estudantes do Ensino Básico (LINHEIRA, 2013; MOREIRA, 2017; LAZZARIN; CRISTOFOLETTI; SCHEIFELE, 2020).

Por outro lado, observa-se que os mesmos elementos fragmentados, que também compõem as investigações paleomoleculares, são discutidos nos livros didáticos de forma isolada, segmentada, fora de contexto e sem uma coerente conexão com os tópicos relativos ao registro fóssil, cujos conteúdos frequentemente são discutidos de forma desatualizada em outros capítulos das mesmas obras didáticas (ALVES; LIPPI, 2021). Percebe-se que em momento algum, ao se discutir os tipos de fósseis e de fossilização, é mencionado que biomateriais originais, com flexibilidade, ductilidade e transparência, são cada vez mais encontrados no interior de fósseis mineralizados, o que transmite a ideia equivocada de que *todos* os ossos fossilizados são restos petrificados sem vestígios de matéria orgânica (ALVES; MACHADO, 2020, 2021b, 2021c; GOMES et al., 2020a,

2020b). Além do mais, os livros didáticos têm apresentado conceitos desatualizados sobre os fósseis que se somam na transmissão da ideia de que o registro fóssil não apresenta potencial de preservar moléculas endógenas (CRUZ; MORAES; CHAVES, 2019; ALVES; MACHADO, 2020; SILVA et al., 2021).

Os dados acima são corroborados mediante a afirmação da Dra. Alida M. Bailleul, pesquisadora associada do Instituto de Paleontologia de vertebrados e Paleoantropologia da Academia Chinesa de Ciências, a qual diz que,

As coisas mais importantes que deveriam ser mudadas são os livros didáticos e o que os professores dizem às crianças. Os fósseis não são simplesmente feitos de tecidos esqueléticos rígidos e secos; eles têm, em muitos casos, partes moles do corpo preservadas, inclusive, biomoléculas endógenas originais. O desenho visto na maioria dos livros didáticos com um dinossauro moribundo na água, depois um esqueleto seco descoberto milhões de anos depois, é um conceito muito errado e só é válido em alguns casos. Isso provavelmente desestimula qualquer interesse das pessoas em estudar o que outros restos, além de ossos, possam ter.

Acho que talvez o passo mais importante seja mudar os desenhos e explicações sobre a fossilização na maioria dos livros didáticos (ou mesmo nos livros infantis) e mostrar que os fósseis não são apenas ossos secos. Além disso, todos os museus de Paleontologia devem ter uma seção explicando a fossilização de tecidos moles. Isso pode criar um novo interesse para a Paleontologia Molecular em todo o mundo, embora possa levar tempo, ainda seria um bom começo (Comunicação pessoal, 25 de janeiro de 2021).

Ademais, os elementos paleomoleculares descritos nos livros em momento algum são associados com o campo de estudo da *Paleontologia Molecular* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2016; LOPES; ROSSO, 2016). Diante disso, percebe-se como fundamental estabelecer orientações para professores da rede básica de ensino e para autores de livros didáticos mediante um conteúdo básico que explicita o que é a *Paleontologia Molecular* e qual é sua importância para a compreensão da evolução e/ou diversificação da vida ao longo da história do planeta, a fim de mediar o processo do ensino-aprendizagem e transmitir conteúdos que devem compor a bagagem de conhecimento dos futuros estudantes dos anos finais do Ensino Médio.

É frequente em diversos trabalhos, cujas propostas são análises de livros didáticos, a recomendação de atualização permanente das obras didáticas do Ensino Médio, com destaque para a inserção de conteúdos baseados em pesquisas que têm se ampliado nos últimos anos na comunidade científica. Desta forma, entende-se ser urgente que conteúdos formais da *Paleontologia Molecular* sejam um dentre os temas a ser inserido em novas edições dos livros de Biologia, isso porque é essencial que os estudantes do Ensino Médio sejam ensinados, durante a disciplina de Biologia, a respeito dos registros moleculares e geológicos a fim de integrarem em suas bagagens os dois conjuntos de informações que têm fornecido respostas para questões relacionadas à história da vida na Terra, especialmente em um clima atual de *pós-genômica* (SCHWEITZER, 2003).

Outro ponto importante a respeito da *Paleontologia Molecular* diz respeito à sua natureza interdisciplinar, ou seja, este campo de

estudo se utiliza de conhecimentos científicos de outras áreas do conhecimento humano e pode, portanto, ser trabalhado a partir de diferentes propostas. Diante disso, com base em análises de conteúdos paleomoleculares e de outros assuntos correlatos presentes nos livros didáticos de Biologia, é possível entender que durante os últimos anos do Ensino Médio os alunos já possuem a bagagem de conhecimento necessária – advinda da Química da vida, Biologia celular, Histologia, Fisiologia vegetal e animal, Evolução e Taxonomia, Paleontologia, Genética e Biotecnologia – para ser capazes de assimilar facilmente os conceitos básicos e a composição, estrutura e função dos objetos de estudo da *Paleontologia Molecular*, bem como a sua importância para o avanço do progresso científico.

No entanto, a escolha do ano específico (2º ou 3º anos) do Ensino Médio no qual será aplicado o conteúdo da *Paleontologia Molecular* em sala de aula vai depender do material didático utilizado pelo professor, uma vez que, como visto anteriormente, existem autores de livros didáticos que inserem elementos paleomoleculares no 2º ano (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2016), antes do conteúdo típico de Biotecnologia, enquanto outros o inserem no segundo semestre do 3º ano (LOPES; ROSSO, 2016), que configura como posição ideal por nós recomendada, ou seja, após os conteúdos da Genética e durante a abordagem de conteúdos biotecnológicos.

Um aspecto importante na construção de um Plano de Aula é sua relação direta com os documentos normativos e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), onde o conteúdo, ora proposto possuirá sentido e aplicação (Quadro 1).

Quadro 1. Competências e habilidades da BNCC e do ENEM em relação ao ensino de Paleontologia Molecular durante o ensino de Biologia

Competências da BNCC	Habilidades da BNCC	Competências do ENEM	Habilidades do ENEM
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3 Investigar situações-	EM13CNT301– Construir questões, elaborar hipóteses,	Competências da área 2 – Identificar a presença e aplicar as	H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações

<p>problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p>	<p>previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. EM13CNT303- Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.</p>	<p>tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos. Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos. Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.</p>	<p>baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas. H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos. H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos. H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica. H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.</p>
--	--	---	--

Fonte: os autores, 2021.

Por isso, finalmente, é que recomendamos aos professores o desenvolvimento ou adaptação de um modelo, como o que está sendo proposto no próximo tópico deste estudo, um Plano de Aula

simplificado sobre *Paleontologia Molecular* direcionado aos estudantes dos últimos anos (2º e 3º anos) do Ensino Médio.

Desenvolvimento do Plano de aula

A metodologia aplicada na construção do Plano de Aula – proposta aqui para a disciplina de Biologia dos últimos anos do Ensino Médio – foi escolhida e adaptada após leitura de diversos *papers* em distintas bases de dados (PubMed, SciELO, CAPES e Google Acadêmico) da literatura científica, além da experiência dos autores com o ensino básico da *Paleontologia Molecular*. A seleção dos artigos se deu de forma arbitrária a fim de abarcar um maior quantitativo de textos que, qualitativamente, teriam a contribuir com o ensino da *Paleontologia Molecular*.

É importante enfatizar que não há um modelo fixo de Plano de Aula a ser seguido (GIL, 2012). Ele simplesmente deve apresentar uma sequência coerente e os elementos necessários para a concretização do processo de ensino-aprendizagem.

Também é necessário diferenciar o Plano de Ensino do Plano de Aula. Enquanto o Plano de Ensino norteia o trabalho docente e facilita o desenvolvimento da disciplina pelos alunos, o Plano de Aula funciona como um roteiro de como o professor aplicará cada uma das aulas listadas no Plano de Ensino. Em outras palavras, o Plano de Aula é um detalhamento do Plano de Ensino (LIBÂNEO, 1993).

Portanto, o Plano de Aula é uma ferramenta didática que sistematiza todos os conhecimentos, atividades e procedimentos que se pretende realizar numa determinada aula (LIBÂNEO, 1993). É essencial que cada aula contemple um Plano de Aula próprio a fim de facilitar a organização das atividades e atingir os objetivos propostos para cada unidade temática de ensino.

De igual forma, é preciso entender o Plano de Aula como uma ferramenta pedagógica de teorização e de reflexão contínua do processo de ensino-aprendizagem, não apenas como uma normativa escolar ou burocrática que deve ser realizada somente no início de cada ano letivo (GIL, 2012; FERREIRA; SILVA FILHO, 2019). Isso significa que ele pode e deve ser constantemente revisado e atualizado para que novidades científicas possam ser inseridas tanto

em termos de conteúdo quanto na estratégia de ensino de determinados temas científicos.

Deste modo, as seções que compõem o Plano de Aula se configuram como partes essenciais para o norteamento de uma aula. Para construção das seções, é importante responder as seguintes perguntas:

O que eu pretendo que meus alunos sejam capazes de fazer depois do que eu ensinei e que não podiam fazer antes? Em que nível eles são capazes de fazer? Como faço para promover atividades que irão ajudá-los a alcançar os resultados pretendidos da aprendizagem? Como posso avaliá-los para ver se eles alcançaram tais resultados? (BIGGS; TANG, 2011 apud MENDONÇA, 2015, p. 2)

Portanto, foi pensando nas principais questões quanto à estrutura que irá compor o Plano de Aula proposto neste trabalho (Anexo I – Plano de Aula) que se adotaram, então, as seguintes seções: 1) Ementa; 2) Objetivos geral e específicos; 3) Conteúdo programático; 4) Recursos didáticos; 5) Procedimentos de avaliação; e 6) Referências.

1. Ementa

A sequência de temáticas elencadas na Ementa foi pensada para os últimos anos (2º e 3º anos) do Ensino Médio e pressupõe a capacidade do estudante para avaliação crítica da literatura científica. Isso porque na Educação Básica é mais importante, durante o aprendizado de conteúdos paleontológicos, ensinar o aluno como formular perguntas complexas e avaliar os dados.

É essencial que, para o desenvolvimento da proposta, o estudante dos anos finais do Ensino Médio tenha assimilado previamente conteúdos básicos de disciplinas que podem ser resumidas em Química da vida, Biologia celular, Genética e Biologia molecular. Isso porque a *Paleontologia Molecular* é apenas a identificação da Biologia Molecular de materiais antigos, com algumas modificações sofridas no processo de formação das rochas.

Uma vez que as evidências mostram que nos anos finais (2º e 3º anos) do Ensino Médio alguns autores já vêm tendo *insights* e inserindo alguns elementos associados à *Paleontologia Molecular* em livros didáticos de Biologia (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2016; LOPES; ROSSO, 2016), subentende-se que os estudantes já possuem uma bagagem de conhecimentos prévios para serem capazes de assimilar o conteúdo proposto no Plano de Aula, portanto aqui sugerimos que este seja aplicado no terceiro ano.

Logo, a proposta de uma ementa que consideramos ideal para o ensino de conteúdos básicos da *Paleontologia Molecular* levou em consideração os seguintes tópicos:

Bloco 1: Introdução a Paleontologia Molecular

- Tema gerador: “Tecidos moles” em fósseis de dinossauros;
- Breve introdução à Geologia: Estratigrafia, idades geológicas, sedimentação e processos de fossilização;
- Introdução ao estudo da *Paleontologia molecular*. Breve história do campo de pesquisa, conceitos, terminologias básicas da área e noções gerais a respeito de um laboratório paleomolecular;
- A diferença entre biomarcadores e biomoléculas endógenas;
- Classes de biomoléculas em fósseis.

Bloco 2: Caracterização do campo e das técnicas da *Paleontologia Molecular*

- Polimerização e biomoléculas de diferentes idades geológicas: Possibilidades (potencial) de preservação;
- Extraíndo informações de biomoléculas: Biologia, fisiologia e relações sobre a filogenia dos seres extintos;
- Caracterização da endogeneidade e os principais métodos de análise na recuperação e interpretação dos achados de biomoléculas originais em fósseis.

Bloco 3: Mecanismos e Perspectivas sobre a *Paleontologia Molecular*

- Mecanismos diagenéticos de preservação e modificação molecular ao longo do tempo;
- Aspectos da geoquímica no que se refere à retenção/preservação molecular;
- Perspectivas futuras e as implicações da *Paleontologia Molecular* para outras disciplinas.

2. Objetivos

Os objetivos construídos para este Plano de Aula contemplam tanto o objetivo geral da aula quanto os objetivos específicos, conforme trabalho prévio de Alves e Machado (2021a).

2. 1. Objetivo geral

- Ensinar a importância das pesquisas paleomoleculares para a compreensão da evolução de organismos extintos.

2. 2. Objetivos específicos

- Conhecer as relações entre a formação de competências e habilidades da BNCC e do ENEM com a introdução à *Paleontologia Molecular* nos estudos de Biologia;
- Relacionar os conteúdos aprendidos na disciplina com as temáticas discutidas na atualidade;
- Adquirir hábitos de leitura de artigos científicos, posicionando-se criticamente em relação às evidências e seu tratamento;
- Conhecer os processos de diagênese e tafonomia no nível molecular em moléculas fósseis;
- Reconhecer os vários modos de preservação e modificações químicas em moléculas preservadas no registro fóssil;
- Discutir e reconhecer os principais grupos de técnicas para identificação de biomoléculas endógenas em fósseis;
- Conhecer o potencial de preservação molecular, diferenciando a preservação de várias classes de biomoléculas.

3. Conteúdo programático e Plano de Aula

Nesta seção, buscamos inserir temas que, em conjunto, possibilitem ao estudante do Ensino Médio uma construção de conhecimentos sobre as modificações sofridas pelas biomoléculas endógenas durante o processo

de formação do fóssil e das rochas e correlacioná-los com a possibilidade de extensão da vida molecular em ordens de magnitude.

A seguir, encontram-se os tópicos que irão compor o conteúdo programático do Plano de Aula sugestivo.

Quadro 2. Plano de Aula sugestivo:

Aula 1			
Conteúdos	Objetivos	Desenvolvimento	Recursos
<p>GEOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> -Conceitos introdutórios; -Estratigrafia; -Idades geológicas; -Sedimentação; -Processos de fossilização; <p>PALEONTOLOGIA MOLECULAR</p> <ul style="list-style-type: none"> -Breve histórico do campo de pesquisa; -Conceitos e terminologias básicas da área; -Noções básicas a respeito de um laboratório paleomolecular; -Diferença entre biomarcadores e biomoléculas; -Classes de biomoléculas em fósseis. 	<ul style="list-style-type: none"> •Reconhecer os vários modos de preservação e modificações químicas em moléculas preservadas no registro fóssil; •Conhecer os processos de diagênese e tafonomia no nível molecular em moléculas fósseis; •Relacionar os conteúdos aprendidos na disciplina com as temáticas discutidas na atualidade; •Adquirir hábitos de leitura de artigos científicos, posicionando-se criticamente em relação às evidências e seu tratamento. 	<ul style="list-style-type: none"> -Questionar aos estudantes acerca de seus conhecimentos prévios sobre Paleontologia, Geologia e Biologia Molecular; Tempo estimado: 5 min. -Apresentar, através de exposições audiovisuais e anotações na lousa, os conteúdos da aula; Tempo estimado: 35 min. -Proporcionar aos estudantes uma oportunidade para indagarem e argumentarem sobre o conteúdo exposto. Tempo estimado: 10 min. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aparelho retroprojeter e/ou televisão; -Lousa; -Caneta marca-texto ou giz;
<p>Avaliação: A avaliação será realizada através da observação da interação e participação do estudante durante os diálogos e indagações.</p>			
<p>Referências para o aluno:</p> <ul style="list-style-type: none"> •ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. <i>Terrae Didactica</i>, v. 16, p. e020028, 2020. •ALVES, E. F. Uma entrevista com Dawid Surmik: pesquisa e ensino da Paleontologia Molecular. <i>Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza</i>, v. 5, p. e1651, 2021a. •ALVES, E. F. Uma entrevista com Edwin Cadena: “somos moléculas”, uma abordagem de ensino para a Paleontologia Molecular. <i>Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas</i>, v. 22, n. 			

1, p. 31-35, 2021b.

Referências para o Professor:

- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. *Terrae Didactica*, v. 16, p. e020028, 2020.
- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Frequência de preservação de biomateriais não mineralizados no registro fóssil de répteis mesozoicos: uma abordagem sobre pterossauros e répteis marinhos. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 44797-44821, 2021b.
- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Preservação excepcional de biomateriais não mineralizados em fósseis do clado Avialae. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 44, p. 37908, 2021c.
- GOMES, W. A.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Biomoléculas em fósseis de mamíferos cenozoicos: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em fósseis recuperados de diferentes contextos tafonômicos. *Paleodest – Paleontologia em Destaque*, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020a.
- GOMES, W. W.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Paleontologia molecular do Cenozoico: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em mamíferos encontrados em depósitos sedimentares pouco favoráveis à preservação. *Paleodest – Paleontologia em Destaque*, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020b.
- PAN, Y. Molecular paleontology as an exciting, challenging and controversial field. *National Science Review*, v. 7, n. 4, p. 823, 2020.
- THOMAS, B.; TAYLOR, S. Proteomes of the past: the pursuit of proteins in Paleontology. *Expert Review of Proteomic*, v. 16, n. 11-12, p. 881-895, 2019.

Aula 2

Conteúdos	Objetivos	Desenvolvimento	Recursos
CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO E TÉCNICAS ANALÍTICAS -Caracterização do campo e das técnicas analíticas; •Polimerização e biomoléculas de diferentes idades geológicas: possibilidades (potencial) de preservação. •Biologia, fisiologia e relações sobre a filogenia dos seres extintos; •Caracterização da endogeneidade e os principais métodos de análise na recuperação e interpretação dos achados de	•Conhecer as relações entre a formação de competências e habilidades da BNCC e do ENEM com a introdução à Paleontologia Molecular nos estudos de Biologia; •Relacionar os conteúdos aprendidos na disciplina com as temáticas discutidas na atualidade; •Reconhecer os vários modos de preservação e modificações químicas em moléculas preservadas no registro fóssil;	-Retomar brevemente os conteúdos estudados na aula anterior; instigar que os próprios estudantes façam essa busca na memória; Tempo estimado: 5 min. -Apresentar, através de exposições audiovisuais e anotações na lousa, os conteúdos da aula; Tempo estimado: 30 min. -Propor que os estudantes anotem em seus cadernos três tópicos relatando sobre o que aprenderam na aula; Tempo estimado: 10 min. -Permitir que alguns voluntários leiam para a turma suas anotações. Tempo estimado: 5 min.	- Aparelho retroprojeter e/ou televisão; -Lousa; -Caneta marca-texto ou giz.

biomoléculas originais em fósseis.	<ul style="list-style-type: none"> •Discutir e reconhecer os principais grupos de técnicas para identificação de biomoléculas endógenas em fósseis; •Conhecer o potencial de preservação molecular, diferenciando a preservação de várias classes de biomoléculas. 		
<p>Avaliação: A avaliação será feita individualmente através de anotações no caderno. O estudante deverá escrever três tópicos do conteúdo aprendido, preferencialmente sobre o que mais lhe chamou a atenção na aula. Em seguida, fica ao seu critério compartilhar sobre suas anotações com a classe. Desta forma, pretende-se avaliar a realização da tarefa e a participação através de diálogo.</p>			
<p>Referências para o aluno:</p> <ul style="list-style-type: none"> •ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. <i>Terrae Didactica</i>, v. 16, p. e020028, 2020. •ALVES, E. F. Uma entrevista com Dawid Surmik: pesquisa e ensino da Paleontologia Molecular. <i>Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza</i>, v. 5, p. e1651, 2021a. •ALVES, E. F. Uma entrevista com Edwin Cadena: “somos moléculas”, uma abordagem de ensino para a Paleontologia Molecular. <i>Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas</i>, v. 22, n. 1, p. 31-35, 2021b. <p>Referências para o Professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> •ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. <i>Terrae Didactica</i>, v. 16, p. e020028, 2020. •ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Frequência de preservação de biomateriais não mineralizados no registro fóssil de répteis mesozoicos: uma abordagem sobre pterossauros e répteis marinhos. <i>Brazilian Journal of Development</i>, v. 7, n. 5, p. 44797-44821, 2021b. •ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Preservação excepcional de biomateriais não mineralizados em fósseis do clado Avialae. <i>Anuário do Instituto de Geociências</i>, v. 44, p. 37908, 2021c. •GOMES, W. A.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Biomoléculas em fósseis de mamíferos cenozoicos: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em fósseis recuperados de diferentes contextos tafonômicos. <i>Paleodest – Paleontologia em Destaque</i>, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020a. •GOMES, W. W.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Paleontologia molecular do Cenozoico: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em mamíferos encontrados em depósitos sedimentares pouco favoráveis à preservação. <i>Paleodest – Paleontologia em Destaque</i>, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020b. •PAN, Y. Molecular paleontology as an exciting, challenging and controversial field. <i>National Science Review</i>, v. 7, n. 4, p. 823, 2020. •THOMAS, B.; TAYLOR, S. Proteomes of the past: the pursuit of proteins in Paleontology. 			

Expert Review of Proteomic, v. 16, n. 11-12, p. 881-895, 2019.

Aula 3			
Conteúdos	Objetivos	Desenvolvimento	Recursos
<p>MECANISMOS DE PRESERVAÇÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS</p> <p>-Mecanismos e perspectivas da área;</p> <p>-Mecanismos diagenéticos de preservação e modificação molecular ao longo do tempo;</p> <p>-Aspectos da geoquímica no que se refere à retenção/preservação molecular;</p> <p>-Perspectivas futuras e as implicações da Paleontologia Molecular para outras disciplinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Ensinar a importância das pesquisas paleomoleculares para a compreensão da evolução de organismos extintos; •Conhecer as relações entre a formação de competências e habilidades da BNCC e do ENEM com a introdução à Paleontologia Molecular nos estudos de Biologia; •Relacionar os conteúdos aprendidos na disciplina com as temáticas discutidas na atualidade; •Adquirir hábitos de leitura de artigos científicos, posicionando-se criticamente em relação às evidências e seu tratamento; •Reconhecer os vários modos de preservação e modificações químicas em moléculas preservadas no registro fóssil; •Conhecer o potencial de preservação molecular, diferenciando a preservação de várias classes de biomoléculas. 	<p>-Retomar com os estudantes os principais pontos das aulas anteriores; estimular os estudantes a falar sobre os conteúdos aprendidos;</p> <p>Tempo estimado: 10 min.</p> <p>-Apresentar, através de exposições audiovisuais e anotações na lousa, os conteúdos da aula;</p> <p>Tempo estimado: 15 min.</p> <p>- Propor a realização da atividade avaliativa.</p> <p>Tempo estimado: 25 min.</p>	<p>-Lousa;</p> <p>-Caneta marca-texto ou giz;</p> <p>-Cópias impressas por estudante de artigo científico que será utilizado na avaliação (ALVES, 2020);</p> <p>-Cópias impressas por estudante do questionário de avaliação.</p>
<p>Avaliação:</p> <p>Propomos aqui duas avaliações sugestivas para que o professor escolha a que for mais acessível à realidade de sua escola. Também sugerimos utilizar essa avaliação para pontuação.</p> <p>AVALIAÇÃO 1: A avaliação será realizada através de elaboração de questionário, com questões</p>			

objetivas e discursivas, adaptadas a partir das aulas realizadas e do material bibliográfico presente nas referências ao aluno. Dessa forma, pretende-se avaliar a resolução da tarefa, assim como o nível de conhecimento do estudante após as aulas.

AVALIAÇÃO 2: A avaliação será realizada através de leitura individual e/ou em grupos de artigo acadêmico (sugere-se o de Alves (2020)) previamente impresso ou via online, com o intuito de que, além de fixar os temas já abordados durante as aulas, fazer com que esse público pré-universitário já crie familiaridade com artigos científicos (é essencial que o professor explique à turma os elementos básicos de um trabalho desse gênero). Adjunto à leitura, eles deverão reconhecer, grifar e identificar as etapas básicas do método científico, aproveitando para relembrá-las (sugere-se que o professor as retome durante a avaliação). Dessa forma, pretende-se avaliar a participação e o nível de interpretação textual do estudante.

Referências para o aluno:

- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. *Terrae Didactica*, v. 16, p. e020028, 2020.
- ALVES, E. F. Uma entrevista com Dawid Surmik: pesquisa e ensino da Paleontologia Molecular. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, v. 5, p. e1651, 2021a.
- ALVES, E. F. Uma entrevista com Edwin Cadena: “somos moléculas”, uma abordagem de ensino para a Paleontologia Molecular. *Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas*, v. 22, n. 1, p. 31-35, 2021b.

Referências para o Professor:

- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. *Terrae Didactica*, v. 16, p. e020028, 2020.
- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Frequência de preservação de biomateriais não mineralizados no registro fóssil de répteis mesozoicos: uma abordagem sobre pterossauros e répteis marinhos. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 44797-44821, 2021b.
- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Preservação excepcional de biomateriais não mineralizados em fósseis do clado Avialae. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 44, p. 37908, 2021c.
- GOMES, W. A.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Biomoléculas em fósseis de mamíferos cenozoicos: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em fósseis recuperados de diferentes contextos tafonômicos. *Paleodest – Paleontologia em Destaque*, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020a.
- GOMES, W. W.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Paleontologia molecular do Cenozoico: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em mamíferos encontrados em depósitos sedimentares pouco favoráveis à preservação. *Paleodest – Paleontologia em Destaque*, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020b.
- PAN, Y. Molecular paleontology as an exciting, challenging and controversial field. *National Science Review*, v. 7, n. 4, p. 823, 2020.
- THOMAS, B.; TAYLOR, S. Proteomes of the past: the pursuit of proteins in Paleontology. *Expert Review of Proteomic*, v. 16, n. 11-12, p. 881-895, 2019.

Segundo trabalho prévio de Alves e Machado (2021a), procuramos aqui adaptar o mesmo método de construção do conteúdo programático, inclusive, inserindo o campo “Leituras”, que agora serão referências ao aluno e ao professor. Neste espaço, acreditamos ser necessário inserir os artigos científicos da literatura primária correspondentes a cada

sugestão de tema da aula a fim de reduzir tempo e facilitar a busca por parte dos professores, bem como oportunizar a eles a avaliação da pertinência do assunto previsto e, se preferir, inserir novos subtópicos para uma abordagem ainda mais específica em sala de aula.

Dessa forma, o Plano de Aula pode ser compreendido como sua natureza realmente é,

um instrumento flexível, passível de ser adaptado para diferentes realidades pedagógicas no processo do ensino básico da *Paleontologia Molecular*.

Também sugerimos ao final do conteúdo programático o item *discussão*. Entendemos que, ao final do conteúdo, uma discussão em sala de aula entre os colegas, e mediada pelo professor, fará com que os conteúdos sejam assimilados (fixados), fortalecendo ainda mais o aprendizado da *Paleontologia Molecular*. Isso porque, conforme vimos anteriormente, são elementos essenciais para o estudante: o aprendizado de formulação de uma pergunta de pesquisa complexa e a descoberta do que ele precisará para respondê-la (ALVES; MACHADO, 2021a). É neste momento que o estudante poderá exercitar a habilidade de formular perguntas ainda não pensadas para um conteúdo científico emergente. É neste momento também que o professor, como mediador do processo, deverá observar as perguntas que estão sendo feitas, e direcionar quais perguntas os alunos deveriam fazer ao invés de outras.

4. Recursos didáticos

Os recursos exigidos são comuns e compreendem equipamentos multimídia (computador, projetor multimídia e software para apresentação de slides em PowerPoint), além de quadro negro e giz (ou quadro branco e pincel). Além de textos que podem ser lidos digitalmente ou ainda, impressos, possibilitando anotações.

5. Procedimentos de avaliação

Propõe-se que a avaliação seja realizada em todas as aulas, a partir da observação da participação e interatividade do estudante durante as apresentações, diálogos e execuções de tarefas (podendo compor 20% da nota final). Sugere-se também que na última aula (Aula 3) seja aplicada uma avaliação com maior pontuação, a fim de diagnosticar o nível de

aprendizagem dos estudantes após a aplicação do Plano de Aula.

São sugeridas duas atividades avaliativas para esse momento, dando a oportunidade que o professor, conhecedor da realidade de sua escola e classe, escolha a mais adequada. Ambas podem compor o restante da nota final (80%). Na primeira, sugerimos a aplicação de questionário elaborado com questões objetivas e/ou discursivas baseando-as nas aulas aplicadas ou podendo ser adaptadas do trabalho prévio de Alves e Machado (2021a). Já na segunda proposta, incentivamos o uso de artigo científico (como o de Alves (2020) para que o estudante identifique e reconheça as etapas básicas do método científico presentes no texto através da leitura.

6. Referências

Ao final do Plano de Aula foram listados os materiais consultados (livros e artigos) sob os quais baseamos a pesquisa para a proposta do Plano de Aula. A lista segue dividida em referências ao aluno e ao professor.

Considerações finais

O conhecimento em Biologia tem a aceitação dos alunos por lidar com a vida e todas as suas manifestações. De modo geral, os professores precisam estar atentos, pois os alunos acabam por estar mais aptos à aceitação dos conteúdos voltados a curiosidades dos vários reinos biológicos. Quando, por outro lado, acabam por receber um ensino mais pragmático e muitas vezes recheado das ciências correlatas da área (Química e Física), acabam por perder a expectativa inicial.

Torna-se fundamental planejar os conteúdos e as atividades de maneira contextualizada com as situações reais, locais ou nacionais e adaptadas a seu contexto ambiental e sociocultural. Essa contextualização é real na medida em que ocorrem (re)interpretações entre os diferentes saberes, e, em sua análise e

discussão, atribuem-se novos conhecimentos e sentidos às descobertas.

A construção de um planejamento eficiente deve levar em conta as relações que o conteúdo traz, na mesma proporção, entre a realidade do estudante e as suas exigências nos documentos de referência. Essa relação exibirá êxito nos exames nacionais, onde as habilidades adquiridas no Ensino Médio, podem se tornar competências, desde a análise de atividades em exames, bem como na avaliação dos eventos cotidianos.

Dentre outros fatores, o planejamento, em especial, executado com essas premissas, promoverá um ensino de qualidade como elemento da estruturação dos objetivos, em relação à formação de conhecimentos que permaneçam recolhendo resultados duradouros ao fim do planejado, identificando, inclusive, deficiências e situações que demandem retomadas ou acompanhamento.

Essa ação deverá ser idealizada utilizando elementos do cotidiano do aluno e, mesmo, do cenário nacional, especialmente se for midiático, já que são temas dos alunos em sala de aula. Utilizando como princípio gerador desses elementos, o professor cria um ambiente de curiosidade, onde haverá troca de saberes, pois a busca por mais informações (pesquisas escolares) ocorrerá diante da procura da resolução da problemática, de sua análise e, conseqüentemente, de sua interpretação; não por ser um conteúdo, mas por agora, ser uma temática do cotidiano que necessita de posicionamento.

Essa forma de introduzir e conduzir os temas planejados (Local – BNCC – ENEM) possibilita um formato que ultrapassa a sala de aula, construindo um modelo de ensino contextualizado. Essa ação relaciona a temática, que começa trazida de fora do ambiente escolar, contextualizando-a com o conteúdo de Biologia estudado, e produz o resultado planejado, a apropriação e utilização dela. Isso não ocorre por ser apenas mais um ponto a ser abordado, mas por ser necessária a ampliação do conhecimento desse tema, desde a sua aplicação direta à prática para seu entendimento. Esse movimento se inicia

em sala de aula, mas com certeza, fluirá para fora dela, pois agora: investigação, pesquisa e compreensão formarão o ambiente.

Nesse sentido se insere a *Paleontologia Molecular*, que é um campo multidisciplinar, que auxilia o professor a reunir os componentes curriculares da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Física, Química e Biologia). Quando se usa esses elementos para compreender como um osso de milhões de anos, em um dinossauro, por exemplo, pode possuir tecidos moles e células originais, seus potenciais de análise e discussão podem ser incríveis. Quando se estuda a recuperação, análise e caracterização de *biomateriais não mineralizados*, que podem ser rastreados até sua fonte e que podem lançar luz sobre a história diagenética molecular de um organismo, suas possíveis ramificações e impactos nos alunos podem sugerir possíveis novos pesquisadores para a área.

Sua importância para a Biologia se concentra em compreender mais um fragmento sobre a história da Terra e de sua biota extinta, compreendendo as ocorrências de *biomateriais não mineralizados* em fósseis encontrados em rochas das Eras Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica, cujas contribuições têm sido relacionadas à compreensão da *dieta, morfologia, fisiologia, evolução, função, relações filogenéticas, ecossistemas antigos e extinção* de grupos diversos de táxons animais e vegetais.

As implicações dessa sugestão, utilizando os materiais orgânicos em fósseis (*Paleontologia Molecular*) como contextualização às aulas de Biologia, reunindo os objetos de aprendizado e saberes coletados, de forma multidisciplinar e contextualizados, constitui-se situação urgente a um processo de ensino de maior qualidade.

Referências

1. ABELSON, P. H. Paleobiochemistry. *Scientific American*, v. 195, n. 1, p. 83-96, 1956.
2. ALVES, E. F. 15 anos da Paleontologia molecular: breve histórico dos achados de biomateriais não mineralizados em

- dinossauros não avianos. *Khronos*, v. 9, p. 241-244, 2020.
3. ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. *Terrae Didatica*, v. 16, p. e020028, 2020.
 4. ALVES, E. F. Uma entrevista com Dawid Surmink: pesquisa e ensino da Paleontologia Molecular. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, v. 5, p. e1651, 2021a.
 5. ALVES, E. F. Uma entrevista com Edwin Cadena: “somos moléculas”, uma abordagem de ensino para a Paleontologia Molecular. *Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas*, v. 22, n. 1, p. 31-35, 2021b.
 6. ALVES, E. F. Investigações brasileiras em busca de tecidos moles preservados em fósseis. *Revista Internacional de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 147-153, 2021c.
 7. ALVES, E. F.; LIPPI, M. do S. S. P. Análise do uso de elementos da Paleontologia em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. *ACTIO*, v. 6, n. 2, p. 1-24, 2021.
 8. ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Proposta de Plano de Aula sobre Paleontologia Molecular para inserção em disciplina de Paleontologia de cursos de graduação em Ciências Biológicas. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, v. 5, p. e1695, 2021a.
 9. ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Frequência de preservação de biomateriais não mineralizados no registro fóssil de répteis mesozoicos: uma abordagem sobre pterossauros e répteis marinhos. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 44797-44821, 2021b.
 10. ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Preservação excepcional de biomateriais não mineralizados em fósseis do clado Avialae. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 44, p. 37908, 2021c.
 11. ARMITAGE, M.; SOLLIDAY, J. UV Autofluorescence Microscopy of Dinosaur Bone Reveals Encapsulation of Blood Clots within Vessel Canals. *Microscopy Today*, v. 28, n. 5, p. 30-38, 2020.
 12. ARMITAGE, M. First Report of Peripheral Nerves in Bone from *Triceratops horridus* Occipital Condyle. *Microscopy Today*, v. 29, n. 2, p. 20-25, 2021.
 13. BAILLEUL, A. M.; ZHENG, W.; HORNER, J. R.; HALL, B. K.; HOLLIDAY, C. M.; SCHWEITZER, M. H. Evidence of proteins, chromosomes and chemical markers of DNA in exceptionally preserved dinosaur cartilage. *National Science Review*, v. 7, n. 4, p. 815-822, 2020.
 14. BAPTISTA, G. C. S. Do cientificismo ao diálogo intercultural na formação do professor e ensino de ciências. *Interações*, v. 10, n. 31, p. 28-53, 2014.
 15. BARBOSA, G. S.; RAMOS, M. A. Conhecimento ecológico local e percepção ambiental de estudantes sobre o bioma caatinga e sua relação com o conhecimento científico. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 1, p. 165-182, 2020.
 16. BOSKOVIC, D. S.; VIDAL, U. L.; NICK, K. E.; ESPERANTE, R.; BRAND, L. R.; WRIGHT, K. R.; SANDBERG, L. B.; SIVIERO, B. C. T. Structural and protein preservation in fossil whale bones from the Pisco Formation (Middle-Upper Miocene), Peru. *PALAIOS*, 2021, v. 36, n. 4, p. 155-164, 2021.
 17. BRASIL, LDB: **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. – Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017.
 18. BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação. 2018.
 19. BUCKLEY, M. Paleoproteomics: An Introduction to the Analysis of Ancient Proteins by Soft Ionisation Mass Spectrometry. P. In: LINDQVIST, C.; RAJORA, O. (Eds.). *Paleogenomics*. Série Population Genomics. Springer, Cham, 2008.

20. CANDAU, V. M. F. Diferenças culturais, cotidiano escolar e práticas pedagógicas. **Currículo sem Fronteiras**, v. 11, n. 2, p. 240-255, 2011.
21. CARRIJO, R.; CANDEIRO, C. R. O Ensino de Geologia, Paleontologia e Química no Centro Universitário do Planalto de Araxá (Uniaraxá). A importância da Geociências. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 1, p. 62–66, 2010.
22. CARVALHO, E. M. B. **Análise dos conteúdos de Biotecnologia em livros didáticos de Biologia**. 148f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Mogi das Cruzes: Mogi das Cruzes, 2013.
23. CHAVES, E. J. F.; CAMAROTTI, M. F. Análise de conteúdo de livros didáticos de Biologia: uma perspectiva sobre os temas Biotecnologia e Engenharia Genética no Ensino Médio. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, v. 5, n. 3, p. 86-112, 2015.
24. CRUZ, L. C. O.; MORAES, S. S.; CHAVES, R. S. Importância dada à Paleontologia e Geologia no ensino de Ciências Naturais e Biologia: o que mudou? **Terræ Didactica**, v. 15, p. 1–13, 2019.
25. DESALLE, R.; EGAN, M. G. Paleontology, molecular. In: MEYERS, R. A. (Ed.) **Encyclopedia of Molecular Cell Biology and Molecular Medicine**. 2. ed. V. 10. Weinheim: Wiley-VCH, 2006. p. 53-70.
26. EZRA, H. C.; COOK, S. F. Histology of Mammoth bone. **Science**, v. 129, n. 465, p. 465-466, 1959.
27. FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. Proposta de plano de aula para o ensino de Física. **Physicae Organum**, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2019.
28. GIL, A. C. **Metodologia do ensino superior**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2012.
29. GOBBO, S. R.; BERTINI, R. Tecidos moles (não resistentes): como se fossilizam? **Terræ Didactica**, v. 10, n. 1, p. 2-13, 2015.
30. GODOY, P. L.; FERREIRA, G. S.; DASSIE, E. C. G.; CASTRO, A. C. M. C. e; HSIU, A. S. Formação continuada no ensino de Paleontologia, pelo exemplo do projeto “Oficina de Paleontologia: os fósseis dentro da sala de aula”. **Revista de Cultura e Extensão USP**, v. 17, n. supl., p. 11-19, 2017.
31. GOMES, W. A.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Biomoléculas em fósseis de mamíferos cenozoicos: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em fósseis recuperados de diferentes contextos tafonômicos. **Paleodest – Paleontologia em Destaque**, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020a.
32. GOMES, W. W.; MACHADO, M. F.; BÉLO, P. S.; ALVES, E. F. Paleontologia molecular do Cenozoico: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em mamíferos encontrados em depósitos sedimentares pouco favoráveis à preservação. **Paleodest – Paleontologia em Destaque**, v. 36, n. 74, p. 45, 2021. Resumo apresentado no Paleo RJ/ES Virtual, 2020b.
33. GUPTA, N. S. **Biopolymers: A molecular paleontology approach**. Topics in Geobiology 1. ed. V. 38. Dordrecht: Springer, 2014.
34. HIGUCHI, R.; et al. DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. **Nature**, v. 312, n. 5991, p. 282-284, 1984.
35. ISAACS, W. A.; LITTLE, K.; CURREY, J. D.; TARLO, L. B. Collagen and a cellulose-like substance in fossil dentine and bone. **Nature**, v. 197, p. 192, 1963.
36. JAHN, A. B. **O planejamento das aulas de Educação Física dos professores que atuam em uma escola pública de Santa Maria (RS)**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2004.
37. LAN, T.; LINDQVIST, C. Paleogenomics: Genome-Scale Analysis of Ancient DNA and Population and Evolutionary Genomic

- Inferences. In: RAJORA, O. (Ed.) **Population Genomics**. Série Population Genomics. Springer, Cham, 2018. p. 323-360.
38. LAZZARIN, A. A.; CHRISTOFOLETTI, J. F.; SCHEIFELE, A. Jurassic Park e a ficção científica no ensino de Genética. In: XIV Colóquio internacional Educação e Contemporaneidade, v. 14, n. 8, 2020. **Anais Educon**. São Cristóvão/SE: Editora da UFS, 2020. p. 6-18. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13730/5/4>. Acesso em: 06 junho. 2021.
39. LIBÂNEO, J. C. **Organização e gestão escolar: teoria e prática**. Goiânia: Alternativa, 1993.
40. LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia hoje**. 3. ed. V. 2. São Paulo: Ática, 2016.
41. LINHEIRA, C. Z. **Concepções de estudantes sobre dinossauros: um estudo na Educação Básica de Picuí – PB**. 52 f. TCC (curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande: Campina Grande, 2013.
42. LITTLE, K.; KELLY, M.; COURTS, A. Studies on bone matrix in normal and osteoporotic bone. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 44 B, n. 3, p. 503-519, 1962.
43. LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. 3. ed. V. 3. São Paulo: Saraiva, 2016. 285p.
44. MENDONÇA, A. P. Alinhamento Construtivo: Fundamentos e Aplicações (p. 109–130). In: GONZAGA, A. M. (Ed.) **Formação de Professores no Ensino Tecnológico: Fundamentos e Desafios**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2015. 300p.
45. MOREIRA, P. H. A. **Potenciais didáticos pedagógicos do filme de ficção científica Jurassic World: uma análise fílmica diferenciada**. 138f. Dissertação (em Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá: Maringá, 2017.
46. NOBRE, S. B.; FARIAS, M. E. Formação continuada de professores: possibilidades e desafios para o ensino de paleontologia na Educação Básica. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015, Águas de Lindóia, SP. **Anais X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.
47. PAN, Y. Molecular paleontology as an exciting, challenging and controversial field. **National Science Review**, v. 7, n. 4, p. 823, 2020.
48. PARRY, L. A.; SMITHWICK, F.; NORDÉN, K. K.; SAITTA, E. T.; LOZANO-FERNANDEZ, J.; TANNER, A. R.; CARON, J. B.; EDGECOMBE, G. D.; BRIGGS, D. E. G.; VINTHER, J. Soft-Bodied Fossils Are Not Simply Rotten Carcasses - Toward a Holistic Understanding of Exceptional Fossil Preservation: Exceptional Fossil Preservation Is Complex and Involves the Interplay of Numerous Biological and Geological Processes. **Bioessays**, v. 40, n. 1, p. 1700167, 2018.
49. PAWLICKI, R.; DKORBEL, A.; KUBIAK, H. Cells, collagen fibrils and vessels in dinosaur bone. **Nature**, v. 211, n. 5049, p. 655-657, 1966.
50. PINHEIRO, F. L.; PRADO, G.; ITO, S.; SIMON, J. D.; WAKAMATSU, K.; ANELLI, L. E.; ANDRADE, J. A. F.; GLASS, K. Chemical characterization of pterosaur melanin challenges color inferences in extinct animals. **Scientific Reports**, v. 9, p. 15947, 2019.
51. REEST, A. J., CURRIE, P. J. Preservation frequency of tissue-like structures in vertebrate remains from the upper Campanian of Alberta: Dinosaur Park Formation. **Cretaceous Research**, v. 109, n. 104370, 2020.
52. SCHWEITZER, M. H. Reviews and Previews: The Future of Molecular Biology. **Palaeontologia Electronica**, v. 5, n. 2, editorial 2, p. 1-11, 2003.
53. SCHWEITZER, M. H. Molecular paleontology: some current advances and

- problems. *Annales de Paléontologie*, v. 90, n. 2, p. 81–102, 2004.
54. SCHWEITZER, M. H.; WITTMAYER, J. L.; HORNER, J. R.; TOPORSKI, J. K. Soft-tissue vessels and cellular preservation in *Tyrannosaurus rex*. *Science*, v. 307, n. 5717, p. 1952-1955, 2005.
55. SCHWEITZER, M. H.; et al. Analyses of soft tissue from *Tyrannosaurus rex* suggest the presence of protein. *Science*, v. 316, n. 5822, p. 277-280, 2007.
56. SCHWEITZER, M. H.; ZHENG, W.; CLELAND, T. P.; GOODWIN, M. B.; BOATMAN, E.; THEIL, E.; MARCUS, M. A.; FAKRA, S. C. A role for iron and oxygen chemistry in preserving soft tissues, cells and molecules from deep time. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 281, n. 1775, p. 20132741, 2014.
57. SCHWEITZER, M. H.; SCHROETER, E. R.; CLELAND, T. P.; ZHENG, W. Paleoproteomics of Mesozoic Dinosaurs and Other Mesozoic Fossils. *Proteomics*, v. 19, n. 16, p. 1800251, 2019.
58. SILVA, C. N.; et al. Paleontologia e Ensino básico: análise dos parâmetros curriculares nacionais e dos livros didáticos em Juiz de Fora, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 24, n. 1, p. 62–69, 2021.
59. THOMAS, B.; TAYLOR, S. Proteomes of the past: the pursuit of proteins in Paleontology. *Expert Review of Proteomic*, v. 16, n. 11-12, p. 881-895, 2019.
60. WYCKOFF, R. W. G.; WAGNER, E.; MATTER, P. III.; DOBERENZ, A. R. Collagen in fossil bone. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 50, n. 2, p. 215-218, 1963.
61. WIEMANN, J.; FABBRI, M.; YANG, T. R.; STEIN, K.; SANDER, P. M.; NORELL, M. A.; BRIGGS, D. E. G. Fossilization transforms vertebrate hard tissue proteins into N-heterocyclic polymers. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, p. 4741, 2018.
62. ZUCON, M. H.; et al. O ensino de paleontologia e a percepção dos alunos do curso de biologia da universidade federal de Sergipe. In: IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade, v. 1, 2010, Aracaju. *Anais de IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade – EDUCON*. Aracaju: Editora da Universidade Federal de Sergipe, 2010.