

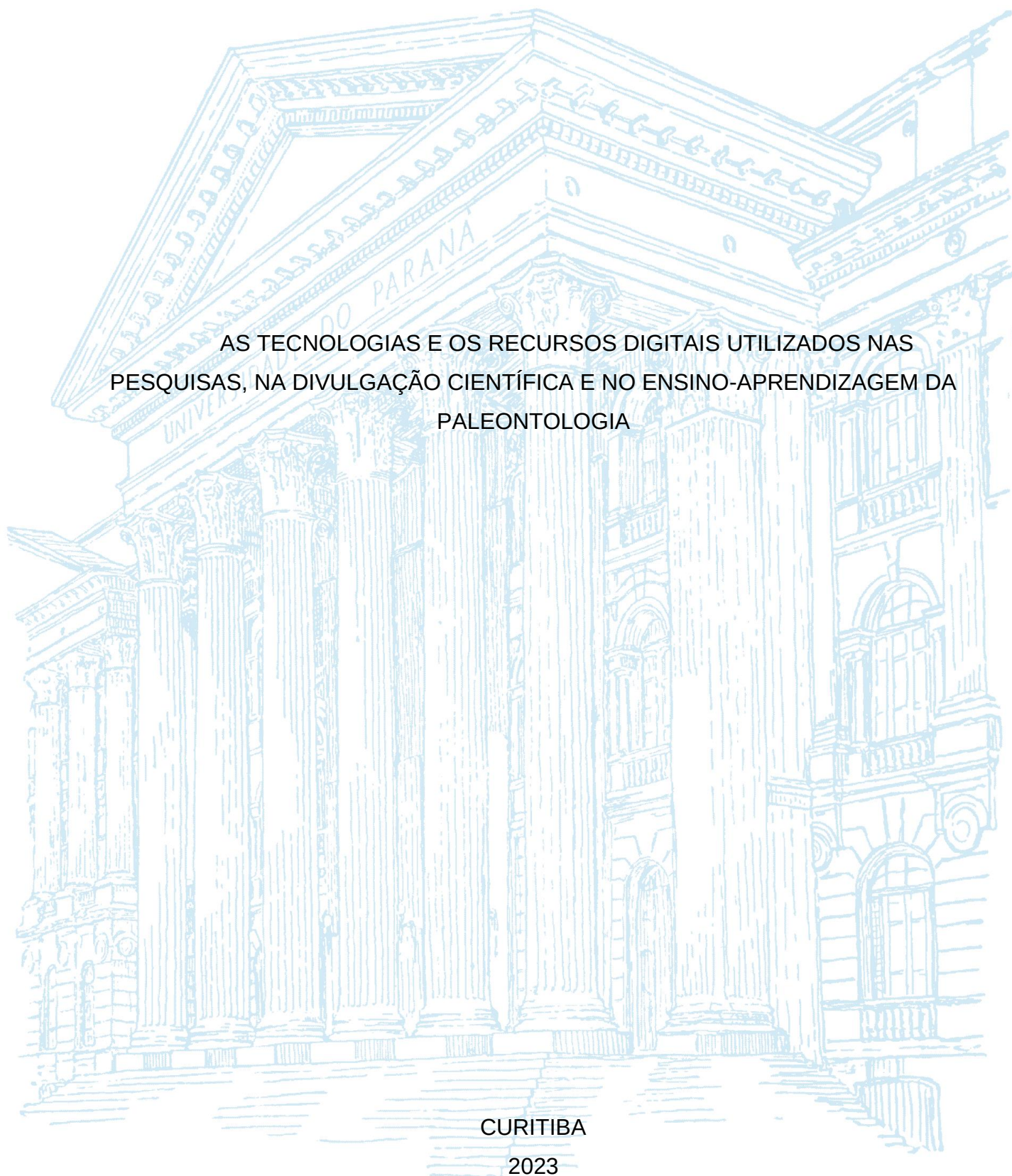
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA VITÓRIA DE ANDRADE DA SILVA

AS TECNOLOGIAS E OS RECURSOS DIGITAIS UTILIZADOS NAS
PESQUISAS, NA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E NO ENSINO-APRENDIZAGEM DA
PALEONTOLOGIA

CURITIBA

2023



Maria Vitória de Andrade da Silva

AS TECNOLOGIAS E OS RECURSOS DIGITAIS UTILIZADOS NAS PESQUISAS,
NA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E NO ENSINO-APRENDIZAGEM DA
PALEONTOLOGIA

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Robson Tadeu Bolzon

CURITIBA

2023

Ficha catalográfica

TERMO DE APROVAÇÃO

Dedico este trabalho aos meus pais, Claudemir e Regina e aos meus avós José e Maria.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grata ao meu orientador, Robson Tadeu Bolzon, por aceitar me orientar em dois trabalhos simultaneamente e por sua dedicação excepcional. Valorizo imensamente o ensino e a didática demonstrada durante as disciplinas que cursei com ele, proporcionando um valioso aprendizado na fascinante área da Paleontologia.

Agradeço aos meus pais por todo o apoio, suporte e paciência durante toda a minha graduação. Sem o incentivo de vocês ao longo da minha vida eu não teria concluído mais uma fase. Agradeço todo o amor, carinho, consolo, incentivo e apreço dado de forma tão genuína.

Agradeço aos meus avós que me receberam praticamente todos os dias em sua casa e facilitaram o meu caminho ao longo da graduação e sempre cuidaram de mim de forma tão amorosa e atenciosa. Sempre vou lembrar dos deliciosos almoços de minha avó e dos lanches da tarde que meu avô sempre levava durante minhas inúmeras horas de estudo e da curiosidade que tinha em saber o que eu estava estudando. Sempre vou lembrar que foi o meu falecido avô que me ensinou o caminho até a faculdade.

Agradeço aos meus irmãos e ao meu namorado que me incentivaram e motivaram a concluir mais uma graduação sempre deixando um pouco mais leve essa jornada.

Agradeço aos professores de todo o curso de Biologia por terem me proporcionado uma excelente formação e aberto portas para tirar dúvidas e me receber para os estágios.

“Ao se encaminhar para um objetivo, sobretudo um grande e distante objetivo, as menores coisas se tornam fundamentais. Uma hora perdida é uma hora perdida, e quando não se tem um rumo definido é muito fácil perder horas, dias ou anos, sem dar conta disso.”

AMYR KLINK

RESUMO

A necessidade de construir conhecimento de forma mais interativa tornou-se impreterível devido aos avanços tecnológicos no século XXI. Os recursos tecnológicos, presente em praticamente todos os lugares na sociedade, devem ser aproveitados para a construção e divulgação de resultados científicos. As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) transformaram a maneira como trabalhamos, nos comunicamos e aprendemos, proporcionando diversas formas de comunicação em dispositivos como *smartphones*. A Paleontologia, ciência que estuda os fósseis, une Biologia e Geologia, desempenha papel crucial na compreensão dos processos naturais ao longo da história de vida na Terra. O uso de TDIC na pesquisa paleontológica intensificou-se nas últimas décadas, destacando-se técnicas como modelos 3D, Espectroscopia, Microscopia Eletrônica e Tomografia Computadorizada. Entrevistas com pesquisadores evidenciam a importância crescente das tecnologias digitais na área, enfatizando a necessidade de inovação tecnológica. A combinação de técnicas tradicionais e inovações digitais, algumas de baixo custo e não destrutivas do material, impulsionam a evolução dessa ciência, impactando positivamente na pesquisa, divulgação e preservação do patrimônio fóssil. As TDIC estão sendo utilizadas na descrição de detalhes microscópicos externos e internos para identificação de espécies, paleopatologias, identificação de elementos químicos e obtenção de dados paleobiológicos, tafonômicos e paleoambientais. Os resultados dessas análises, pela natureza digital, podem ser facilmente reproduzidas e disponibilizadas para a divulgação científica, especialmente em contextos educacionais, para gerar interesse e conscientização. Os pesquisadores destacaram a utilização de vídeos e de mídias sociais na divulgação científica. A interseção entre pesquisa e educação em Paleontologia, estimulada por inovações tecnológicas, destaca a importância de capacitar professores para integrar eficazmente essas tecnologias em sala de aula, moldando uma compreensão contemporânea e acessível desses recursos. O investimento para unir ciência e educação é fundamental para enfrentar os desafios contemporâneos e promover uma revolução na divulgação dos resultados científicos.

Palavras-chave: Paleontologia; pesquisa; tecnologia; recursos digitais; educação; divulgação científica.

ABSTRACT

The need to build knowledge in a more interactive way has become essential due to technological advances in the 21st century. Technological resources, present practically everywhere in society, must be used to construct and disseminate scientific results. Digital Information and Communication Technologies (DIT) have transformed the way we work, communicate and learn, providing different forms of communication on devices such as smartphones. Paleontology, the science that studies fossils, unites Biology and Geology, plays a crucial role in understanding natural processes throughout the history of life on Earth. The use of TDIC in paleontological research has intensified in recent decades, highlighting techniques such as 3D models, Spectroscopy, Electron Microscopy and Computed Tomography. Interviews with researchers highlight the growing importance of digital technologies in the area, emphasizing the need for technological innovation. The combination of traditional techniques and digital innovations, some of which are low-cost and non-destructive to the material, drive the evolution of this science, positively impacting the research, dissemination and preservation of fossil heritage. TIDC are being used to describe external and internal microscopic details to identify species, paleopathologies, identify chemical elements and obtain paleobiological, taphonomic and paleoenvironmental data. The results of these analyses, due to their digital nature, can be easily reproduced and made available for scientific dissemination, especially in educational contexts, to generate interest and awareness. The researchers highlighted the use of videos and social media in scientific dissemination. The intersection between research and education in Paleontology, stimulated by technological innovations, highlights the importance of training teachers to effectively integrate these technologies in the classroom, shaping a contemporary and accessible understanding of these resources. Investment in uniting science and education is essential to face contemporary challenges and promote a revolution in the dissemination of scientific results.

Keywords: Paleontology; research; technology; digital resources; education; scientific divulgation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS.....	13
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3	TECNOLOGIAS E RECURSOS DIGITAIS NA PESQUISA PALEONTOLÓGICA.....	15
3.1	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.2	ENTREVISTAS.....	18
4	RECURSOS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO DE PALEONTOLOGIA.....	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	32
	REFERÊNCIAS.....	36
	APÊNDICE 1– PERGUNTAS PARA AS ENTREVISTAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

Procurar formas de construir o conhecimento de maneira mais interativa é cada vez mais uma necessidade de todos, devido aos avanços tecnológicos, principalmente, ocorridos no século XXI (SOBRAL *et al.*, 2010). Os recursos tecnológicos estão presentes em todos os lugares e devem ser usados a favor da construção e da divulgação dos resultados científicos (BRASIL *et al.*, 2020).

A sociedade de hoje utiliza muitas formas de multimídias, optando por formas de linguagens diversificadas e expressivas. Inclusive, de acordo com Sobral *et al.* (2010), o uso desses recursos tecnológicos permite que as pessoas entendam sobre as práticas das ciências.

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), mudaram muito a forma que a população trabalha, se comunica, se relaciona e aprende. No mundo de hoje, voltado ao digital, é possível ter diferentes formas de comunicação, informação e conhecimento em um só lugar, os *smartphones*. Neles encontramos imagens, sons, livros, filmes e textos de uma forma rápida e dinâmica, correspondendo a expectativa dos jovens. De acordo com Brasil *et al.* (2020), esses meios eletrônicos atraem os estudantes por fazerem parte da realidade de quase todos. Ainda está sendo investigada a potencialidade do método TDIC no ambiente escolar como uma forma alternativa e diferenciada de ensino-aprendizagem (BRASIL *et al.*, 2020).

A Paleontologia é uma ciência que une duas grandes áreas de conhecimento: a Biologia e a Geologia. No campo da Biologia a atenção principal se concentra nos registros de vida preservados nas rochas para que se consiga fazer relação ao modo de vida e as inter-relações evolutivas. Já no campo da Geologia os fósseis são de grande importância para estabelecer as datações relativas, entender o processo de formação das rochas sedimentares, realizar a reconstrução de paleoambientes e para identificar mudanças que aconteceram no planeta Terra ao longo do Tempo Geológico (CASSAB, 2010, p. 3). Por essas razões, a Paleontologia se apresenta com grande relevância por proporcionar conhecimento e compreensão dos processos naturais ocorridos durante a história da Terra (BRASIL *et al.*, 2020).

Os meios digitais e tecnológicos são formas de comunicação. Diante disso, eles se tornam componentes-chave para a sociedade em vários quesitos, como por exemplo no ensino-aprendizagem e divulgação científica. Adquirir um domínio

dessas ferramentas vem se tornando cada vez mais imprescindível para a circulação, propagação e produção de conhecimento em nossa sociedade que é cada vez mais tecnológica. O aparecimento de novas tecnologias midiáticas fez com que os conteúdos se propagassem por diferentes formatos de apresentação e distintos canais e plataformas de conteúdo. A utilização desses diferentes meios proporciona maior disseminação de material tanto para o ensino quanto para a aprendizagem. As mídias digitais, como vídeos, impressão 3D e dispositivos móveis, são comumente utilizadas na sociedade e podem estimular formas de convívio, promovendo interações, sociabilidade e estímulo.

A tecnologia permite que se faça reconstruções paleontológicas de materiais fósseis de modo a usar por exemplo *softwares* de impressão 3D de modelos digitais de forma rápida, econômica e eficaz na construção de formas de vida do passado e que podem ser usados como recurso do ensino-aprendizagem, pois, com isso é possível sair do abstrato e ir para algo mais concreto e de fácil acesso dentro de diversos temas (TRAVASSOS *et al.*, 2021). Um estudo realizado por Barreto (2021), sobre a preservação digital de fósseis, que envolve a proteção e durabilidade das informações armazenadas em formato digital, demonstra que essas medidas são necessárias para garantir o acesso contínuo aos documentos digitais, sendo particularmente relevante na disseminação do conhecimento em Paleontologia. A preservação digital dos fósseis permite a difusão do conhecimento não apenas entre os cientistas, mas também para toda a sociedade.

De acordo com Brasil *et al.* (2020), as pessoas buscam por respostas rápidas e de fácil compreensão para seus questionamentos, utilizando normalmente, como primeira escolha os recursos digitais para obter suas respostas. Dessa forma, utilizá-los pode facilitar a compreensão, de maneira mais visual, de eventos ocorridos no passado, como mudanças climáticas, extinções em massa, modificações da fauna e flora ao longo da escala do Tempo Geológico.

As tecnologias e os recursos digitais são uma excelente forma de realizar a divulgação científica da Paleontologia. Elas fazem com que as novas descobertas científicas sejam divulgadas até mesmo fora do meio acadêmico, ou seja, se disseminando para toda a sociedade, pois é um recurso acessível, de baixo custo e fácil multiplicação.

As exposições de museus constituem uma forma de se fazer a divulgação científica e uma ferramenta de ensino-aprendizagem. Segundo Costa & Rocha

(2021), os museus precisam ir além da simples observação de objetos expostos e proporcionar aos visitantes descobertas, aprendizagem e formação de opinião. Para isso, é necessário que as exposições científicas tenham como objetivo organizar o conhecimento científico de forma a aproximar o público e permitir uma comunicação eficiente, utilizando recursos tecnológicos como forma de mediação. Costa & Rocha (2021) destaca que os museus devem passar informações de maneira simples e lúdica, explorando o potencial pedagógico dessas instituições. No entanto, conforme Strapasson *et al.* (2021), os museus brasileiros enfrentam dificuldades em acompanhar os avanços tecnológicos devido às limitações econômicas, resultando em exposições com falta de manutenção e recursos antiquados. A utilização de diferentes mídias expositivas, como tecnologias multimídia, filmes e vídeos, pode despertar o interesse e a atenção dos visitantes, facilitando a compreensão do conteúdo. A pandemia da COVID-19 impactou negativamente as visitas aos museus, levando a uma diminuição significativa do número de visitantes. Nesse contexto, os museus têm buscado desenvolver recursos de mídia eletrônica e páginas eletrônicas como alternativas para a visita presencial (STRAPASSON *et al.*, 2021).

De acordo com Strapasson *et al.* (2021), no Brasil, os museus de história natural são destacados pelo seu patrimônio paleontológico, mas enfrentam dificuldades na preservação, documentação e manutenção adequada dos acervos. Por isso, os autores ressaltam a importância de incorporar novas tecnologias provenientes da museologia, comunicação e educação para elaborar exposições contemporâneas e interativas. O uso de tecnologias como computadores, aplicativos e dispositivos eletrônicos pode ampliar o potencial interpretativo dos museus de história natural, proporcionando uma experiência mais envolvente e atraente para os visitantes. Essas tecnologias permitem simulações de experiências, como viagens no tempo e reprodução de sons, contribuindo para um maior engajamento do público (STRAPASSON *et al.*, 2021).

Sendo assim, foi investigado a utilização de tecnologias e recursos digitais na pesquisa Paleontológica e o seu potencial para disseminar os resultados das pesquisas acadêmicas e científicas na sociedade e nas práticas educacionais por meio de um levantamento bibliográfico e entrevistas com cientistas da área.

1.1 OBJETIVOS

- Realizar revisão bibliográfica sobre o uso de tecnologias e recursos digitais na pesquisa e divulgação da Paleontologia;
- Reunir informações sobre as tecnologias digitais que são utilizadas nas pesquisas em Paleontologia e que podem ser disponibilizados para as atividades de educação e divulgação científica;
- Entrevistar pesquisadores da área de Paleontologia e reunir informações das tecnologias usadas nas pesquisas e divulgação científica;
- Discutir quais os recursos tecnológicos e digitais que podem ser utilizados no ensino e divulgação científica da Paleontologia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A realização da revisão bibliográfica foi feita dentro das normas da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da ABNT (UFPR, 2018). A revisão foi realizada por meio de busca de literatura em ambientes da internet, trabalhos científicos através de plataformas eletrônicas como o Elsevier, Portal da Capes e Google Acadêmico que apresentam trabalhos sobre Paleontologia. Para realização das pesquisas foram usadas palavras chaves como: Paleontologia, paleoecologia, paleoambiente, fósseis, divulgação científica, museu de Paleontologia, tecnologias e recursos digitais.

As entrevistas com profissionais da área da Paleontologia buscaram reunir informações sobre as tecnologias digitais utilizadas para pesquisas e divulgação dos resultados.

A leitura crítica dos artigos encontrados permitiu averiguar quais tecnologias e recursos digitais são utilizadas nas pesquisas em Paleontologia e no ensino-aprendizagem.

3 TECNOLOGIAS E RECURSOS DIGITAIS NA PESQUISA PALEONTOLÓGICA

O progresso das pesquisas paleontológicas é fundamentalmente impulsionado pelas tecnologias e recursos digitais. Esses meios proporcionam uma análise mais detalhada de amostras fósseis, permitindo aos pesquisadores alcançar conclusões mais precisas. Diante disso, conduziu-se uma revisão de literatura para identificar as tecnologias e recursos digitais divulgados em revistas científicas de Paleontologia, além de investigar, por meio de entrevistas, quais são essas ferramentas conforme relatadas por cientistas especializados na área.

3.1 REVISÃO DE LITERATURA

O uso de TIDC na pesquisa paleontológica se intensificou nas últimas décadas e uma análise dos trabalhos apresentados no último exemplar do Boletim de Resumos “Paleodest, Paleontologia em Destaque” de 2023 demonstra essa mudança. Foi destacado o uso de diferentes técnicas nos trabalhos científicos publicados, como modelos 3D, reconstrução de imagens tridimensionais, Espectroscopia por Dispersão de Elétrons (EDS) e Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Estereomicroscópios, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), microscopia óptica, Tomografia Computadorizada de raios-X, Microtomografia Computadorizada, Radiografia, Microtomografia por raios-X.

Segundo Silva *et al.* (2023) o aplicativo *Polycam* utiliza a tecnologia LiDAR em dispositivos *Apple* para criar modelos 3D a partir de fotos. O estudo de Silva *et al.* (2023) avaliou seu potencial na paleontologia, capturando espécimes de paleovertebrados e imprimindo réplicas em 3D. Embora as réplicas tenham perdido alguns detalhes anatômicos menores devido à redução de escala, o *Polycam* capturou texturas e detalhes anatômicos finos. Os modelos gerados superaram outras opções *online* gratuitas em termos de qualidade de impressão. O aplicativo demonstra potencial no campo da Paleontologia, simplificando a criação de modelos 3D e agilizando a digitalização de espécimes em coleções e formações geológicas completas de maneira eficaz por meio de dispositivos móveis (SILVA *et al.*, 2023).

Em aplicações de Paleontologia, a reconstrução de imagens tridimensionais é essencial, mas muitas tecnologias disponíveis ainda são caras e têm limitações (MAZONI & ZABINI, 2023). Para contornar isso, Mazoni & Zabini, (2023) buscam

desenvolver soluções de baixo custo que combinam motores de passo e equipamentos fotográficos para capturar imagens sucessivas. No entanto, a precisão dessas reconstruções é frequentemente limitada pelo sistema de posicionamento dos equipamentos. No estudo de Mazoni & Zabini (2023), melhorias são apresentadas, incorporando processamento de imagens e aprendizado de máquina. Uma rede neural profunda é treinada para interpolar imagens e estimar posições intermediárias, resultando em medidas de profundidade mais precisas. Essas melhorias são testadas em fósseis com tamanhos entre 1 e 5 mm, oferecendo uma abordagem promissora para a Paleontologia (MAZONI & ZABINI, 2023).

Em um estudo realizado por Gaia *et al.* (2023) a caracterização elementar das cutículas de *Spongiophyton nanum* foi realizada para fins de reconstrução paleoambiental. Diversas técnicas foram empregadas, incluindo análises microscópicas, Espectroscopia por Dispersão de Elétrons (EDS) e Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Essas análises permitiram a identificação de elementos como carbono, oxigênio e cálcio nas cutículas, bem como a preservação da matéria orgânica original após a diagênese. A presença de silício, tanto na matriz rochosa quanto no fóssil, indica um paleoambiente semelhante a uma plataforma siliciclástica. Os resultados dos espectros FTIR também apontam para afinidades com espécies líquen, destacando a importância dessas técnicas na reconstrução de ambientes antigos (GAIA *et al.*, 2023).

Segundo Carniere *et al.* (2023) amostras da planta extinta *Lycopodites riograndensis* foram reavaliadas com o uso de equipamentos de alta resolução, incluindo estereomicroscópios e microscopia eletrônica de varredura. Essas análises revelaram novos detalhes da estrutura da planta, incluindo esporângios *in situ*, cutículas, vasos de condução com pontoações escalariformes e estômatos.

Em um estudo realizado por Pozzebon-Silva *et al.* (2023), foram utilizadas técnicas avançadas de análise, incluindo Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), estereomicroscopia e microscopia óptica para examinar fósseis de coníferas, especificamente da espécie *Coricladus quiteriensis*. Essas análises permitiram a detecção de características morfoanatômicas previamente desconhecidas, melhorando a descrição original do táxon.

Um estudo realizado por Gonçalves, T. S. *et al.* (2023) concentra-se em ostracodes da Formação Barbalha da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, com o objetivo de encontrar soluções para a dificuldade de estudo e identificação de

espécies pertencentes a grupos pouco ornamentados. Atualmente, o processo de limpeza e separação de suas carapaças para posterior imageamento em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é demorado e não permite a visualização de detalhes internos cruciais. Gonçalves, T. S. *et al.* (2023) testaram a utilização da tomografia computadorizada de raios-X para resolver esse problema. Os resultados iniciais indicam que a técnica é promissora, desde que sejam feitas melhorias para aumentar a qualidade das imagens, como reposicionar as amostras no equipamento ou usar um microtomógrafo dedicado para objetos pequenos, como as carapaças de ostracodes (GONÇALVES, T. S. *et al.*, 2023).

No estudo de Santana *et al.* (2023), foi realizada uma revisão do registro de aranhas fósseis preservadas em ambientes lacustres do Cretáceo. Essas aranhas são raramente preservadas no registro fóssil devido à sua fragilidade. Os registros incluem várias espécies atribuídas a diferentes famílias e infraordens, com uma diversidade de aranhas fósseis encontradas em locais do mundo. No entanto, muitas das classificações em nível de família estão sendo questionadas e reposicionadas devido à falta de características distintivas nos espécimes. Estudos futuros, conforme Santana *et al.* (2023) explica, com o auxílio de técnicas de imagem, como MEV e microtomografia computadorizada, podem ajudar a esclarecer as relações entre esses grupos de aranhas.

No estudo de paleopatologia de Sousa *et al.* (2023), foram realizadas análises em fósseis de peixes da espécie *Dastilbe crandalli* para identificar possíveis sinais de patologias nas estruturas ósseas preservadas. A pesquisa envolveu a análise de 44 amostras coletadas na Bacia do Araripe. As técnicas abrangem uma ampla gama, desde observações simples em nível macroscópico e microscópico até análises mais avançadas e complexas, como radiografia e tomografia. A pesquisa destaca os desafios de identificar e diferenciar paleopatologias, dadas as variáveis na qualidade de preservação e outros fatores envolvidos na fossilização, mas enfatiza a importância desse tipo de estudo na obtenção de dados paleobiológicos e investigações específicas sobre grupos de animais extintos (SOUSA *et al.*, 2023).

O estudo de Gonçalves, T. B. P. *et al.* (2023) se concentra na análise de coprólitos, que são estruturas fossilizadas contendo informações sobre a dieta dos animais extintos. Utilizando a microtomografia por raios-X, os pesquisadores examinaram 156 coprólitos coletados na Formação Açu, Bacia Potiguar. A técnica permitiu, segundo Gonçalves, T. B. P. *et al.* (2023) reconstruir modelos 3D dos

coprólitos, revelando pequenas estruturas que indicam a dieta do animal produtor, como vesículas de gases. Embora tenham sido observadas densidades diferentes na matriz, ainda não foi possível identificar correspondências específicas com outras estruturas orgânicas ou inorgânicas (GONÇALVES, T. B. P. *et al.*, 2023).

Os trabalhos indicam que as TIDC são utilizadas na pesquisa paleontológica com diferentes objetivos que incluem: descrição de detalhes anatômicos microscópicos externos e internos que auxiliam na identificação de espécies ou em características distintivas nos espécimes ou mesmo de paleopatologias; obtenção de dados paleobiológicos e de reconstrução paleoambiental; identificação de elementos químicos de preservação e diagênese; e, no estudo das dietas dos animais extintos. Os autores destacam uma vantagem de muitas dessas técnicas que resulta de uma análise não destrutiva do material.

3.2 ENTREVISTAS

Foram entrevistados dois cientistas da área de Paleontologia. O primeiro pesquisador entrevistado foi Malton Carvalho Fraga*¹. Ele é graduado em Geologia (2022) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e atualmente é doutorando no Programa de Pós-graduação em Geologia da UFPR. Tem experiência na área de Paleontologia, com enfoque em equinodermos fósseis. Sua entrevista foi realizada de forma *online*, pela plataforma “Teams” no dia 25 de setembro de 2023. Na mesma semana, dia 28 de setembro de 2023, foi entrevistado pela mesma plataforma o segundo pesquisador, Dhiego Cunha da Silva*². Ele é graduado em Licenciatura em Ciências pela UFPR, com mestrado e doutorado em Geologia pela mesma instituição. Possui conhecimentos em Paleontologia, Bacias Sedimentares Brasileiras, Preservação de Patrimônio Paleontológico e Educação Científica. Para ambos os cientistas as perguntas realizadas nas entrevistas foram as mesmas, conforme mostrado no APÊNDICE 1.

Para Fraga (2023), as tecnologias digitais fazem parte de seu dia a dia como doutorando em Paleontologia. Durante sua graduação em Geologia até o atual

*¹ Currículo Lattes FRAGA, M. C.: <http://lattes.cnpq.br/9004944334273992>

*² Currículo Lattes SILVA, D. C.: <http://lattes.cnpq.br/6759398596615380>

doutorado, Fraga (2023) obteve experiência com diversos recursos tecnológicos (Informação verbal)¹.

Fraga (2023) acredita que é possível fazer boas pesquisas relacionadas a área de Paleontologia no Brasil, utilizando tecnologias, obtendo-se assim, bons resultados. Fazendo isso, ele busca representar o Brasil em pesquisas de mérito internacional. De acordo com Fraga (2023), as revistas para publicação científica atualmente exigem artigos que apresentem inovações tecnológicas. Por isso, quanto mais métodos de estudos com o uso de diferentes tecnologias puder utilizar, mais concisos serão os resultados que sustentarão as discussões, melhor será um artigo científico e mais as revistas irão demonstrar interesse, valorizando o trabalho do pesquisador.

De acordo com Fraga (2023) muitas revistas científicas deixam inserir *links* para direcionar para imagens, vídeos e materiais tridimensionais, consistindo em um material complementar para ajudar na compreensão do trabalho científico (Informação verbal)¹.

Para Silva (2023) o uso de vídeos para a divulgação científica poderia facilitar muito a compreensão de estudos científicos. Ele acredita ser interessante até mesmo inserir *links* em artigos científicos do próprio autor explicando o trabalho. Pode ser uma ferramenta muito enriquecedora para a atualidade, já que atualmente as novas gerações estão cada vez mais buscando esse tipo de conteúdo digital (Informação verbal)².

Fraga (2023) já gravou vídeos relacionados a Paleontologia. Nesses vídeos mostrou toda a etapa de uma pesquisa realizada, desde a saída de campo coletando fósseis, das amostras com os fósseis de diversos ângulos, as análises feitas em diversos equipamentos, como por exemplo mostrando como é feito a tomografia. Segundo ele, hoje já existem congressos *online*, que são realizados de forma assíncrona. Sendo assim, os participantes que vão apresentar seus trabalhos podem fazer gravações para a divulgação. Dessa forma a apresentação fica um pouco mais livre para se usar animações 3D, entre outros recursos tecnológicos julgados interessantes para o apresentador e é possível usar mais a criatividade

¹ FRAGA, M. C. **Entrevista online**. Curitiba, 2023. Informação verbal- Entrevista.

² SILVA, D. C. **Entrevista online**. Curitiba, 2023. Informação verbal- Entrevista

para fazer a divulgação, saindo do modelo tradicional de apresentação com *slides* e explicação oral (Informação verbal)¹.

Para Fraga (2023) essas diferentes formas de usar os recursos digitais e tecnológicos tem um poder de atratividade maior, podem ajudar na compreensão e na divulgação científica por chamarem mais atenção do público específico de determinada área e até mesmo de pessoas leigas ao assunto abordado. Os recursos digitais valorizam um trabalho científico e podem ter um poder de impacto de divulgação muito maior do que um texto convencional (Informação verbal)¹.

Fraga (2023) considera que, um dos maiores desafios ao criar um vídeo paleontológico é a linguagem, saber os limites da utilização dos termos técnicos, em que momento é necessário reter ou utilizá-los. Muitos temas que podem ser interessantes para pessoas da área de Paleontologia podem não ser tão relevantes para o público em geral. Também é necessário, muitas vezes, utilizar palavras mais simples para um vídeo de divulgação para a população em geral, dessa forma, gera mais atratividade e interesse. Pensar nos temas e na linguagem ajudam a não limitar a divulgação científica, reforça Fraga (2023). Essa divulgação juntamente com trabalhos de extensão, como levar o conhecimento e pesquisas universitárias para escolas, por exemplo, é essencial para a divulgação das pesquisas, comenta Fraga (2023). É uma forma de gerar interesse da população em saber o que é feito, que tipo de pesquisa e estudos são realizados dentro das universidades. Também mostra que dentro dos centros de pesquisas está sendo produzido ciência, que estão funcionando e acaba até mesmo justificando todo o investimento na ciência. Com isso, a sociedade reconhece e valoriza mais os cientistas. A divulgação das pesquisas em escolas, por exemplo, pode gerar interesse dos alunos e atrair novos cientistas para a academia (Informação verbal)¹.

Silva (2023) deu início a atividades relacionadas com a Paleontologia desde sua graduação em Ciências e depois continuou os estudos no mestrado e doutorado em Paleontologia. Atualmente Silva (2023) é professor para o Ensino Fundamental I e acredita que consegue desenvolver interesse científico de seus alunos. Muitas pessoas da sociedade acabam tendo uma visão limitada da Paleontologia, acham que esse ramo estuda somente os dinossauros. Silva (2023) como educador consegue abrir mais a percepção de seus alunos de que a Paleontologia estuda muito além de dinossauros, estuda as extinções, evolução geológica e biológica do planeta, entre outros assuntos (Informação verbal)².

Para Silva (2023) é importante comunicar os resultados da pesquisa paleontológica com o público em geral. Deve-se explicar qual foi a importância de ter encontrado determinado fóssil e não apenas citar que foi encontrado um fóssil de tantos milhões de anos atrás. A população em geral precisa entender os resultados da descoberta científica e as mídias sociais atualmente são uma das melhores ferramentas de disseminar essas informações. É preciso salientar e comunicar que a descoberta de um fóssil tem uma importância e significado, seja para o conhecimento em geral ou para aplicações futuras, explica Silva (2023).

Silva (2023) esclarece que a divulgação científica ajuda a desmistificar diversos assuntos e conceitos. Atualmente já existe muito conteúdo digital na forma de vídeo e imagens relacionados a Paleontologia, no entanto, há muita informação errônea. Por isso, é importante os pesquisadores pensarem em fazer divulgações científicas não somente para o público da Paleontologia, mas pensar em fazer divulgações para o público em geral. Para isso, comenta Silva (2023), teria que fazer uma curadoria correta, buscando profissionais e estudantes da área para fazer vídeos e imagens exatas e conseguir fazer a popularização da ciência Paleontológica. A utilização de vídeos e outros meios de divulgação poderia ajudar até mesmo a população a criar uma conscientização da importância de sítios paleontológicos e da conservação de fósseis. Muitas vezes a população de um local onde se irá tombar um sítio paleontológico, não tem muito esclarecido da importância científica, esclarece Silva (2023).

Descobertas de fósseis de novas espécies sempre são significativas. Para ajudar em toda a compreensão e análise desses fósseis, o uso de diferentes equipamentos e tecnologias digitais são essenciais para descrevê-los.

Como Fraga (2023) comentou, um de seus achados de um período do Pré-Cambriano, devido a utilização da microscopia de transmissão na análise da amostra de grafita foram observadas algumas estruturas similares a microrganismos. Com o uso dessa técnica foi possível fotografar em detalhes os bastonetes com tamanho em torno de 50 nanômetros, encontrados na amostra. Por isso, fazer o uso de diferentes técnicas disponíveis atualmente são essenciais para consolidar mais os estudos do que se acredita que tenha ocorrido no passado (Informação verbal)¹. Essas técnicas trazem mais segurança dos resultados que serão divulgados, assim como, são tendências promissoras, pois possibilitam encontrar vestígios até mesmo onde os cientistas não imaginavam que poderiam ser encontradas (FRAGA, 2023).

As tecnologias digitais podem ser uma forma de preservar os fósseis, tanto os raros como os mais abundantes. Com o tempo os fósseis coletados podem se deteriorar e o uso dos recursos tecnológicos e das divulgações acabam preservando os materiais que contam a história do passado da Terra. Inclusive as coleções paleontológicas podem ajudar outros cientistas no estudo comparativo, podendo estar em qualquer local do mundo. Por isso, conforme os pesquisadores Fraga (2023) e Silva (2023) explicam, ter um banco de dados pode ser útil para compartilhar as informações e ter acesso entre os cientistas de diversas instituições de pesquisa do mundo.

Silva (2023) acredita que fazer pontes e interligações de conhecimentos entre vários pesquisadores seja muito importante para o desenvolvimento de pesquisas e conhecimento. Para Silva (2023) o uso de tecnologias digitais foi crucial para as suas pesquisas na área de Paleontologia (Informação verbal)².

Fraga (2023) comentou que para iniciar um estudo, busca obter fotografias de qualidade para poder ilustrar o material fóssil, seguindo para análises laboratoriais com equipamentos químicos e físico-químicos, sendo a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) muito usado para esse fim. Segundo Fraga (2023), com o MEV com EDS (Espectroscopia por energia dispersiva) é possível observar e fotografar com mais precisão detalhes microscópicos, fazer um mapeamento químico descrevendo dessa forma, os elementos que constituem a amostra, também é possível analisar se há resquícios orgânicos, ajudando a descrever que tipo de processo de fossilização atuou no fóssil (Informação verbal)¹.

Outra tecnologia que Fraga (2023) já utilizou foi Análise Isotópica estável. Neste processo trabalhoso, depois que se coleta o fóssil no campo, leva-o para o laboratório, onde é necessário moer para pulverizar a amostra antes de levar para a análise. A análise consiste em avaliar a razão entre os isótopos estáveis pela difratometria de raio-X (DRX) e fluorescência de raio-X (FRX). Esses são processos parecidos de análise isotópica, no entanto, o DRX gera um gráfico identificando que tipos de minerais que a amostra possui e a FRX identifica a porcentagem dos óxidos presentes na amostra, como por exemplo sílica, carbonato e cloro. As duas análises são complementares (Informação verbal)¹.

Outro recurso tecnológico usado na pesquisa paleontológica é a tomografia, porém, de acordo com Fraga (2023), ela não apresenta uma resolução com alta qualidade, entretanto, é uma análise rápida e não destrutiva do material. Com essa

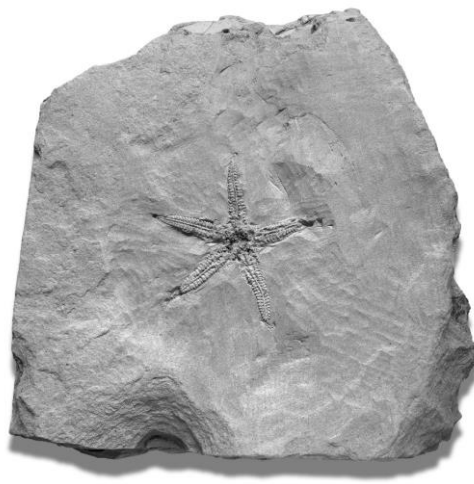
tecnologia é possível verificar se há fósseis escondidos no interior da rocha, algo que muitas vezes acaba se perdendo ou até mesmo só se revelando depois de abrir o material. Já a microtomografia apresenta uma resolução superior que a tomografia, tendo o nível de detalhamento maior (FRAGA, 2023). O equipamento utilizado, disponível na Universidade Federal do Paraná (UFPR), só possibilitava a análise de fósseis bem pequenos, como por exemplo microfósseis, limitando um pouco a utilização pelos pesquisadores, pois evitam cortar ou quebrar os materiais maiores. Existem em outras instituições do Brasil e no exterior, equipamentos para microtomografia que comportam amostras maiores. Os arquivos digitais com as imagens obtidas nas microtomografias são trabalhosos para interpretação e são extremamente grandes, sendo necessário fazer a análise em microcomputadores com processadores e memória que suportem esse tipo de arquivo, comenta Fraga (2023) (Informação verbal)¹.

Uma outra técnica utilizada por Fraga (2023) é a espectrometria Raman. Neste aparelho, parecido com um microscópio, se insere uma lâmina com a amostra fina, ele emite um feixe de luz e gera um gráfico. A partir deste gráfico se identifica os minerais presentes na amostra. Fraga (2023) utilizou esta técnica para identificação de minerais para o estudo de uma amostra do mineral metamórfico grafita. Seu objetivo foi verificar a origem biológica, ou seja, se um dia foi matéria orgânica que se metamorfozou e atualmente é grafita. Com a análise feita de espectrometria Raman, a hipótese de origem biológica foi corroborada (Informação verbal)¹.

A Microscopia Eletrônica de Transmissão é uma tecnologia na qual é realizada a análise em escala nanométrica da amostra. Conforme Fraga (2023) descreve, para usar essa técnica é necessário fazer a pulverização da amostra, colocar uma quantidade mínima em um recipiente com água, essa água em movimento deixará a amostra em suspensão. É feito uma pipetagem da água e pinga-se uma microgota em uma placa de 5 milímetros. Espera-se a água evaporar e ficar apenas fragmentos muito pequenos da amostra. Então, a placa é levada para análise. É um processo destrutivo, mas que, no entanto, pode-se encontrar bactérias, microrganismos fossilizados e observá-los em detalhes (Informação verbal)¹.

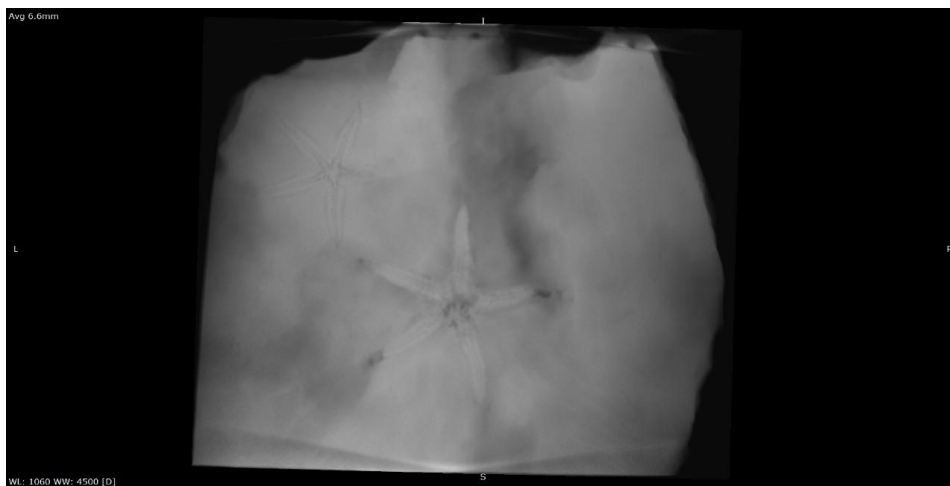
Fraga (2023) compartilhou imagens obtidas de uma mesma amostra de um equinodermo fóssil utilizando diferentes técnicas e que poderiam ser usadas na divulgação científica, conforme se observa nas figuras 1 a 4.

FIGURA 1: FOTOGRAFIA DA AMOSTRA ORIGINAL



FONTE: Fraga (2023).

FIGURA 2: TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA OBTIDA EM UM TOMÓGRAFO ODONTOLÓGICO



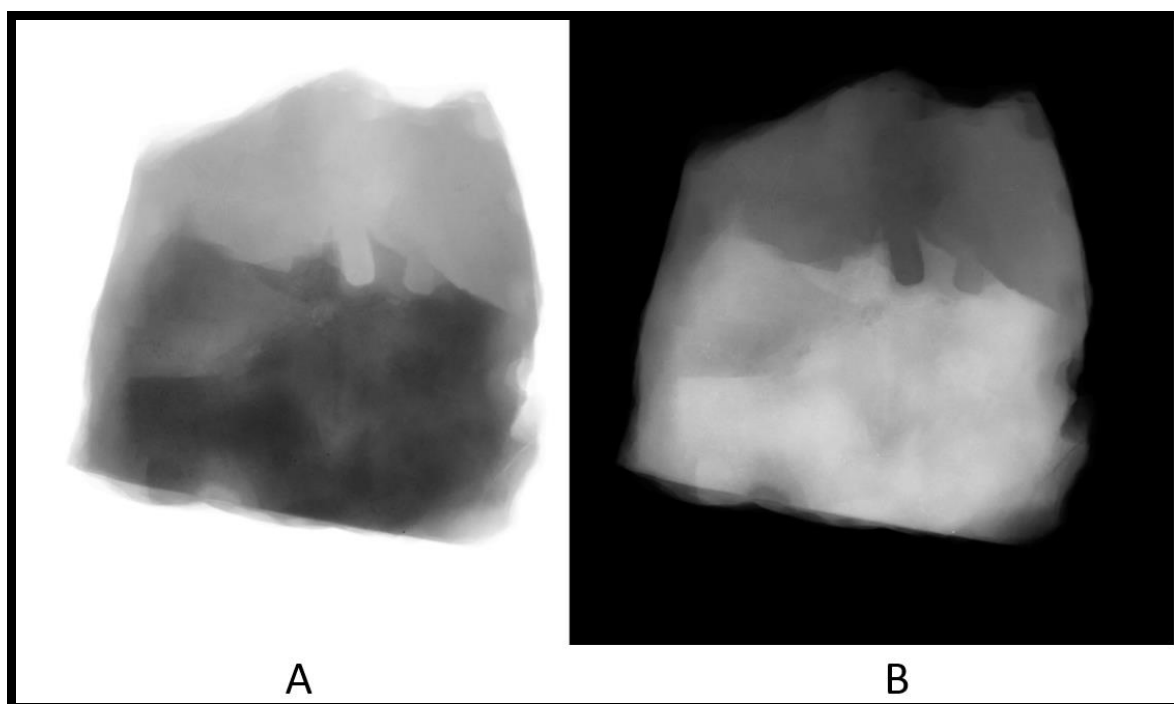
FONTE: Fraga (2023).

FIGURA 3: DIGITALIZAÇÃO 3D OBTIDA POR UM SCANNER 3D DE UMA EMPRESA PARTICULAR DE CURITIBA



FONTE: Fraga (2023).

FIGURA 4: RADIOGRAFIAS OBTIDAS EM UM EQUIPAMENTO VETERINÁRIO DE RAIOS-X (A: FUNDO BRANCO E B: FUNDO PRETO)



FONTE: Fraga (2023).

Além dessas tecnologias, Fraga (2023) cita aceleradores de partículas e análise química por fluorescência para fazer análises ainda mais detalhadas para o

ramo da Paleontologia, todavia, são poucos os laboratórios do mundo que tem esses equipamentos (Informação verbal)¹.

Silva (2023) comentou sobre uma experiência sua, na qual havia um fragmento de rocha em que ele e sua equipe acreditavam que em seu interior teriam conodontes, no entanto, se tentassem abrir a amostra iriam danificar. Os conodontes, vertebrados primitivos com cerca de quatro centímetros de comprimento, habitaram ambientes marinhos temperados e apresentam uma distribuição estratigráfica abrangendo desde o Cambriano até o Triássico (VICCARI, 2020). Diante desse desafio, utilizaram um acelerador de partículas e foi possível confirmar que havia conodontes dentro da rocha sem que ocorresse nenhum tipo de dano no material (Informação verbal)².

De acordo com Fraga (2023), o escaneamento 3D pode ser uma alternativa para fazer réplicas de fósseis em substituição ao molde de silicone ou resina que acabam danificando o fóssil original que é único. O escâner 3D faz apenas a imagem do que está na superfície externa, diferentemente da tomografia que faz a imagem externa e interna. A tomografia pode ser útil para o estudo de tafonomia, ajudando a entender a orientação do fóssil na rocha em que se encontra (Informação verbal)¹.

Conforme Silva (2023) explica, fazer o escaneamento 3D é extremamente caro, no entanto, é possível fazer várias fotografias em diversos ângulos de um fóssil e com isso realizar a fotogrametria, em que um *software* realiza um mapeamento e gera um modelo tridimensional. Esse método, embora pouco conhecido, além de ser mais barato que o escaneamento 3D, facilita muito para fazer as descrições dos fósseis e para conseguir realizar as publicações dos artigos dos estudos (Informação verbal)².

Silva (2023) acredita que a tendência emergente e futura do uso de tecnologias digitais promissoras para todas as áreas será a partir de agora, o uso da Inteligência Artificial (IA). Atualmente, as inteligências artificiais disponíveis gratuitamente desempenham um papel significativo na pesquisa em uma variedade de campos. Elas auxiliam na melhoria de textos, na síntese de informações, na formulação de frases mais eficazes e em muitas outras tarefas. Além disso, algumas dessas IAs são capazes de converter artigos científicos em áudios, descrevendo até mesmo as imagens neles contidas, conforme relata Silva (2023). Com este recurso, além de facilitar na seleção de artigos científicos já citado anteriormente, Silva

(2023) acredita que em um futuro bem próximo, poderá ser usado até mesmo para as análises quantitativas, qualitativas e métricas. Por exemplo, se tiver uma amostra com bastante informação, fazendo uma fotografia de qualidade, a IA terá a possibilidade de separar quantos indivíduos de cada espécie há, fazer uma análise estatística e conseguir fazer uma reconstrução paleoambiental. A IA, provavelmente, logo irá fazer um trabalho de comparação de fósseis por bancos de dados, facilitando muito o trabalho “braçal” e exaustivo de muitos pesquisadores. Silva (2023) explica que essa ferramenta de IA já existe dentro da Paleontologia, ela consegue reconhecer uma lâmina com microfósseis e citar os gêneros nela presentes, por exemplo. Por isso, é apenas questão de tempo para essa tecnologia digital se aprimorar cada vez mais, ficando ainda mais precisa e conhecida entre os pesquisadores. Ainda assim, reforça Silva (2023), os cientistas teriam o trabalho de ler os resultados e interpretá-lo, e com certeza otimizará muito o trabalho (Informação verbal)².

A IA foi bastante relevante para os estudos de Silva (2023) no quesito de busca de artigos científicos relacionados aos temas de interesse. A capacidade de analisar materiais paleontológicos por meio de imagens e vídeos representa um avanço significativo para os pesquisadores. Essa abordagem elimina a necessidade de deslocamentos frequentemente dispendiosos a locais distantes do pesquisador, apenas para estudar um fóssil específico. As fotografias digitais oferecem uma qualidade excepcional e possibilitam compartilhamento global, contribuindo para a formação de valiosos bancos de dados. Portanto, essa tecnologia digital se torna fundamental para o estudo paleontológico, enriquecendo substancialmente o trabalho dos pesquisadores em todo o mundo (SILVA, 2023).

4 RECURSOS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO DE PALEONTOLOGIA

É fundamental divulgar as pesquisas paleontológicas antes de integrá-las ao ensino, seja nos níveis básicos de educação, na graduação ou pós-graduação para oferecer um conhecimento atualizado. Existe uma variedade de recursos digitais que podem ser incorporados no ensino.

Recursos digitais são elementos informatizados que incorporam conteúdos, como imagens, vídeos, hipertextos, animações, simulações, páginas *web* e jogos educativos, entre outros. Esses materiais quando utilizados na educação promovem interatividade entre os alunos e atividades de aprendizagem específicas, desafiando os professores a integrá-los eficazmente em seus planos de ensino (GARCIA *et al.*, 2011). A capacitação dos professores para utilizarem esses recursos de maneira crítica é crucial, pois ignorar essa necessidade educacional significa privar os alunos das habilidades necessárias para atuar de forma competente e crítica em uma sociedade cada vez mais tecnológica (GARCIA *et al.*, 2011).

O uso de vídeos ajuda o professor a ensinar o conteúdo e chama atenção dos alunos, pois remetem a lazer e entretenimento, podendo despertar a curiosidade e ser um elemento motivador. Essa forma audiovisual cativa os alunos que estão inseridos em uma sociedade tecnológica, auxilia no aprendizado e pode gerar mais participação nas aulas. Para isso, é necessário usar este recurso de modo que haja de fato uma discussão sobre ele e relacioná-lo com o assunto que está sendo trabalhado no decorrer das aulas de uma disciplina (RAIO, 2018).

Segundo um estudo feito por Travassos *et al.* (2021), a utilização de modelos 3D é uma boa forma para o ensino-aprendizagem em áreas de Ciências da Terra, como por exemplo a Paleontologia, por apresentar baixos custos. De acordo com o autor, as impressoras 3D estão cada vez mais acessíveis, sendo viável produzir modelos tanto em pequena ou até mesmo em larga escala, apresentando grande potencial de uso tanto para a Educação Básica quanto para o Ensino Superior. A aplicação deste meio possibilita maior aprendizado dos alunos quando se associa um elemento visual, pois, pode diminuir e sanar dúvidas. Com isso, empregar modelos didáticos de feições, fenômenos geológicos, geomorfológicos e paleontológicos se torna cada vez mais viável, possibilitando a visualização de elementos da paisagem natural dentro da sala de aula (TRAVASSOS *et al.*, 2021). A produção de réplicas ou prototipagens de modelos 3D de fósseis apresenta alta

fidelidade com o exemplar ou espécime original e permite que os pesquisadores obtenham amostras de exemplares raros, de outras localidades e de diversos intervalos de tempo geológicos. Além disso, possibilita a troca desses materiais entre os pesquisadores bem como de museus, fazendo com que haja divulgação e disseminação da ciência. Dessa forma, ajuda a gerar respeito e a construir um Patrimônio Geológico e Paleontológico nacional (TRAVASSOS *et al.*, 2021).

O uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), se usadas juntamente com Metodologias Ativas (MA), proporciona o uso de novas propostas didáticas em que o estudante é o protagonista na construção de seu conhecimento, conforme Brasil *et al.* (2020). O uso de tecnologias faz parte do cotidiano do ambiente escolar e dos alunos de várias formas, entre elas, é comum o uso de *smartphones*. De acordo com Brasil *et al.* (2020), o uso de aplicativos (*Apps*) usados em *smartphones* contribui de forma positiva no processo de ensino-aprendizado devido as suas tecnologias, especialmente se tratando de Ensino de Ciências e Biologia. Os *Apps* podem tornar a aula mais interessante e dinâmica, promovendo a construção do pensamento crítico por possuir função audiovisual. Segundo Brasil *et al.* (2020) essas tecnologias móveis, aumentam os tipos de recursos didáticos, e se utilizadas junto com mídias digitais, o uso de TDIC e MA acarreta acesso a inúmeras informações demonstradas de diferentes formas, como: imagens, sons, livros, filmes e textos.

A hipertextualidade segundo Coscarelli (2018), é a junção de várias funções em um só lugar, como textos digitais, *links*, imagens, vídeos, entre outros recursos. Para que o uso de *Apps*, que usufruem da hipertextualidade, é preciso que o autor esteja familiarizado com os editores de textos e imagens, saber elaborar textos levando em consideração a linguagem e o design mais apropriado, saber vincular os vídeos, sons e imagens ao texto. Além disso, certamente que quem usufruirá deste conteúdo de hipertextualidade juntamente com as tecnologias digitais, também deve estar familiarizado a utilizar todos os recursos presentes nos ambientes digitais. Contudo para que essa abordagem funcione de maneira eficiente o professor é fundamental para mediar e orientar o percurso formativo. Ler e escrever em ambientes digitais envolve lidar com linguagem verbal e outras linguagens, além de navegar por textos de maneiras variadas, como rolagem, *links* e menus. No meio digital, além da linguagem verbal, há maior diversidade gráfica, incluindo filmes, animações e sons (COSCARELLI, 2018).

Atualmente, de acordo com Coscarelli (2018), professores devem ensinar não apenas as habilidades técnicas para usar diferentes meios de comunicação, mas também o conhecimento necessário para entender as mídias e seu funcionamento de forma integrada. Isso ocorre desde os primeiros anos escolares, ajudando as crianças a se familiarizarem com o letramento digital. Professores alfabetizadores têm a responsabilidade de facilitar a familiaridade dos alunos com textos digitais e a produção de vários tipos de conteúdo usando recursos digitais desde o início da alfabetização. Os alunos podem criar diversos tipos de conteúdo, como *banners*, pôsteres, videocliques, *blogs* e outros, explorando ferramentas digitais de maneira simples. Essa familiaridade permite que os educadores usem essas tecnologias como recursos pedagógicos eficazes (COSCARELLI, 2018).

A utilização de jogos digitais no âmbito educacional necessita de capacitação dos professores. No entanto, muitos deles, de acordo com Coscarelli (2018), se sentem despreparados para usufruírem dos recursos disponibilizados nos ambientes digitais. Entretanto, os jogos digitais podem ser benéficos para que os alunos se familiarizem de forma descontraída a utilizar os computadores, suas teclas e outros recursos. Conforme Coscarelli (2018) descreve, jogos de entretenimento podem ajudar a desenvolver habilidades e auxiliar o professor a criar conteúdo que se pretende abordar. Os fatores que influenciam as abordagens dos professores na aprendizagem baseada em jogos não se limitam ao uso de jogos, mas abrangem questões mais amplas relacionadas ao uso de tecnologia digital e aos processos de inovação educacional (COSCARELLI, 2018).

O ensino da evolução humana enfrenta desafios devido à sua natureza controversa, resultando muitas vezes em uma abordagem superficial ou evitada (GUIMARÃES, 2023). No entanto, a compreensão da evolução é fundamental para a Biologia. Durante um estágio no Ensino Médio, Guimarães (2023) desenvolveu um material interativo usando o *App Voilà* para simular rostos de homínídeos pré-históricos. Essas simulações estimularam o envolvimento dos alunos, tornando o tópico mais acessível e promovendo discussões e compreensão. O uso do aplicativo provou ser eficaz para tornar o ensino da evolução humana mais envolvente e interativo (GUIMARÃES, 2023).

O uso de aplicativos móveis é uma ferramenta eficaz na divulgação científica, particularmente no campo da Paleontologia Brasileira, conforme explica Fiorese *et al.* (2023). Os autores descrevem o desenvolvimento da aplicação "Dinos do Brasil",

que está disponível para dispositivos *Android*. O aplicativo apresenta informações sobre os 53 dinossauros brasileiros, incluindo suas características relevantes, como: tamanho, peso e período em que viveram. A pesquisa foi conduzida em bases de dados científicos para obter informações atualizadas sobre esses dinossauros, e a criação do aplicativo foi realizada na plataforma *Fabapp*, com uma estrutura de álbum de fotos e informações concisas (FIORESE *et al.*, 2023). O objetivo, de acordo com Fiorese *et al.* (2023), é tornar as informações sobre dinossauros brasileiros acessíveis e compreensíveis para o público em geral, facilitando o acesso a novas descobertas e pesquisas.

O estudo realizado por Natarelli *et al.* (2023) relata a aplicação de Tecnologias Educacionais no ensino e divulgação da Paleontologia na Educação Básica. A sequência didática elaborada por Natarelli *et al.* (2023) consistiu em uma aula expositiva-dialogada sobre evidências evolutivas e uma visita virtual ao Museu de Paleontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A aula incluiu uma atividade prática de datação radiométrica, e os alunos avaliaram a atividade usando uma escala de classificação. Embora a visita virtual tenha tido resultados positivos, os alunos manifestaram interesse em visitas presenciais, enfatizando a importância do contato real com o acervo fóssilífero, conforme demonstra Natarelli *et al.* (2023). A utilização de Tecnologias Educacionais proporcionou a participação ativa dos alunos e apresentou resultados satisfatórios, destacando a eficácia das visitas virtuais a museus de paleontologia como uma alternativa quando visitas presenciais não são possíveis (NATARELLI *et al.*, 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A revisão de literatura apresenta um panorama abrangente das tecnologias digitais aplicadas na pesquisa paleontológica. Diversas técnicas, como modelos 3D, reconstrução de imagens tridimensionais, Espectroscopia por Dispersão de Elétrons (EDS), Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Estereomicroscópios, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Tomografia Computadorizada de raios-X e Microtomografia Computadorizada, são destacadas como fundamentais no avanço do campo da pesquisa dos fósseis.

Os estudos específicos mencionam aplicações práticas dessas tecnologias, como: o uso do aplicativo *Polycam* para criar modelos 3D de espécimes paleontológicos, o desenvolvimento de soluções de baixo custo para a reconstrução de imagens tridimensionais; a caracterização elementar de fósseis para reconstrução paleoambiental; e, a utilização de Tomografia Computadorizada de raios-X para os estudos. Além disso, a revisão destaca a importância dessas tecnologias na paleopatologia, na análise de coprólitos e na revisão do registro fóssil.

As entrevistas com Fraga (2023) e Silva (2023) revelam uma convergência de ideias sobre a crescente importância das tecnologias digitais na área de Paleontologia. Ambos os pesquisadores enfatizam a necessidade de incorporar inovações tecnológicas em pesquisas, destacando a valorização de artigos científicos que fazem uso diversificado de tecnologias, como, por exemplo: Microscopia Eletrônica, Tomografia, Espectrometria Raman e Inteligência Artificial (IA).

Fraga (2023) destaca o potencial dos vídeos na divulgação científica, como em congressos *online* assíncronos, enquanto Silva (2023) ressalta a importância da comunicação dos resultados de forma acessível à população em geral, utilizando mídias sociais para disseminar informações corretas sobre a área. Ambos concordam sobre a relevância da divulgação científica, especialmente em contextos educacionais, para gerar interesse e conscientização sobre a importância da Paleontologia.

Fraga (2023) menciona que existem muitas informações produzidas no âmbito científico, mas não disponibilizadas. Muitas vezes acaba ficando armazenado

apenas nos computadores dos pesquisadores, sem ser divulgada, sendo que esse material poderia ser utilizado muitas vezes com grande potencial de ensino.

Quanto ao uso de tecnologias específicas, Fraga (2023) menciona a importância de técnicas como Microscopia Eletrônica de Varredura, análise isotópica, Tomografia, Espectrometria Raman e Microscopia Eletrônica de Transmissão na preservação e análise de fósseis, enfatizando a possibilidade de compartilhamento global por meio de bancos de dados. Silva (2023) destaca o potencial futuro da Inteligência Artificial (IA) na Paleontologia, evidenciando sua capacidade de buscar artigos científicos, analisar materiais por meio de imagens e realizar análises quantitativas e qualitativas.

Segundo Silva (2023), o maior desafio de aplicar tecnologias digitais na Paleontologia é conseguir acesso à tecnologia de última geração. Muitas vezes é necessário pagar para utilizar ou os equipamentos estão em diferentes locais do país e o deslocamento acaba constituindo uma dificuldade. No entanto, fazer uso delas ajuda de forma positiva na compreensão e análises dos fósseis, trazendo mais precisão. Com isso, o acesso à tecnologia pode ser um desafio, mas que se alcançado o retorno será grande, sendo ela com financiamento público ou privado. As tecnologias digitais trazem resultados muito superiores do que as analógicas ou menos tecnológicas (Informação verbal)².

Uma das consequências dos materiais digitais é o potencial uso indevido por terceiros. É de extrema importância que a sociedade compreenda a necessidade de atribuir devidamente a autoria de qualquer tipo de conteúdo, seja este um vídeo, uma imagem ou um texto. Isso é crucial, pois a citação de fontes e autores originais não apenas reconhece e respeita o trabalho e a criatividade dos criadores, mas também promove a transparência e a integridade na disseminação do conhecimento, algo especialmente relevante em divulgações científicas. No entanto, é importante reconhecer que, embora seja essencial, manter um controle absoluto sobre a forma como essas informações serão disseminadas é um desafio constante.

Tanto os dois cientistas entrevistados quanto a revisão de literatura convergem para a conclusão de que as tecnologias digitais desempenham um papel crucial na evolução da Paleontologia, impactando positivamente a pesquisa, divulgação, preservação do patrimônio paleontológico e a resolução de desafios específicos na análise de fósseis. O uso combinado de técnicas tradicionais e

inovações tecnológicas parece ser o caminho para avançar ainda mais nessa área científica.

A interseção entre as pesquisas paleontológicas e a educação revela um cenário dinâmico e promissor, impulsionado pelas inovações proporcionadas pelas tecnologias digitais. Na pesquisa paleontológica, a revisão abrange um espectro amplo de ferramentas digitais, desde técnicas avançadas como Espectroscopia por Dispersão de Elétrons e Tomografia Computadorizada até soluções práticas, como o uso do aplicativo *Polycam* para criar modelos 3D. A combinação das entrevistas com Fraga (2023) e Silva (2023) reforça a importância crescente dessas tecnologias, destacando a valorização da diversidade de abordagens tecnológicas na pesquisa paleontológica.

No contexto educacional, a integração de pesquisas paleontológicas é essencial para fornecer conhecimento atualizado. Os recursos digitais, como vídeos, modelos 3D, aplicativos e jogos educativos, emergem como ferramentas inovadoras para enriquecer o processo de aprendizagem. O destaque dado à capacitação dos professores reflete a importância crucial de orientar educadores na utilização crítica e eficaz desses recursos.

A combinação de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) com Metodologias Ativas (MA) representa uma abordagem promissora, permitindo que os alunos desempenhem um papel ativo na construção do conhecimento. O sucesso do aplicativo *Voilà* na simulação de rostos de homínídeos, conforme evidenciado por Guimarães (2023), exemplifica como a tecnologia pode tornar o ensino mais acessível e envolvente.

Na divulgação científica, aplicativos como "Dinos do Brasil" desempenham um papel vital ao tornar informações sobre Paleontologia acessíveis ao público em geral. Além disso, as Tecnologias Educacionais, como visitas virtuais a museus de Paleontologia, oferecem alternativas eficazes para contornar desafios logísticos.

A interseção entre pesquisa e educação em Paleontologia é caracterizada por uma associação entre inovação tecnológica e aprimoramento do processo educacional. O desafio é encontrado não apenas na superação de barreiras de acesso, mas também na capacitação constante de professores para integrar eficazmente essas tecnologias em sala de aula. O investimento nessa união entre ciência e educação é essencial para moldar uma compreensão contemporânea e

acessível da Paleontologia. O maior diferencial na revolução das tecnologias da informação é ser capacitado a usar esses recursos.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, N.S. **Preservação digital de acervos paleontológicos: os achados fósseis do poço azul na Chapada Diamantina/BA – uma contribuição ao desenvolvimento econômico, social e cultural de Nova Redenção/BA**.161p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação). UFBA, Salvador, 2021.
- BRASIL, G. D.; MÜNCHEN, S. V.; SCHWANKE, C. Tecnologias digitais para o ensino de paleontologia: análise de dispositivos móveis. **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**, [S. l.], v. 7, n. 17, p. 1561–1584, 2020.
- CARNIERE, J. S.; POZZEBON-SILVA, A.; SPIEKERMANN, R.; JUNQUEIRA, L. T.; ALVES, A. M. S.; DA SILVA, M.; JASPER, A. Revisão de Características Morfoanatômicas de *Lycopodites riograndensis*: Uma Licófito Herbácea do Cisuraliano da Bacia do Paraná, Brasília. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.
- CASSAB, R. C. T. Objetivos e Princípios. In: CARVALHO, I.S. (Org.). **Paleontologia: conceitos e métodos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 3-11.
- COSCARELLI, C. V.; Perspectivas Culturais de Uso de Tecnologias Digitais e a Educação. **Revista Brasileira de Alfabetização – ABAIf**, Belo Horizonte, MG. v. 1, n. 8, p. 33-56. 2018.
- COSTA, P. M. M.; ROCHA, M. Recursos Tecnológicos em Museus de Ciências: Tendências em Estudos Brasileiros. **Revista Contexto & Educação**. Editora Unijuí, Ano 36, n.114. 2021.
- IORESE, A. A.; SILVA, D. C.; VEGA, C.S. O Desenvolvimento do Aplicativo Dinos do Brasil e os Desafios na Transposição de Informações. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.
- FRAGA, M. C. **Entrevista online**. Curitiba, 2023. Informação verbal- Entrevista.
- GAIA, G.; GHILARDI, R.P.; RICARDI-BRANCO, F. Correlações Paleoambientais e Filogenéticas Apontadas pela Caracterização Elementar de *Spongiophyton nanum* Kräusel (1954). **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.
- GARCIA, M. F.; RABELO, D. F.; SILVA, D.; AMARAL, S. F. Novas Competências Docentes Frente às Tecnologias Digitais Interativas. **Revista Teoria e Prática da Educação**, v. 14, n. 1, p. 79-87, 2011.
- GONÇALVES, T. B. P.; MELKI, L. B.; BERGVIST, L. P.; SOUTO, P. R. F. Análise de Coprólitos da Formação Açu – Bacia Potiguar, Através da Microtomografia Computadorizada. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.
- GONÇALVES, T. S.; SILVA, M. M.; PINHO, G. G.; OLIVEIRA, N. C.; DUARTE, D. A.; ANTONIETTO, L. S. Tomografia em Ostracodes da Formação Barbalha, Bacia do

Araripe (Cretáceo Inferior): Uma Solução para a Taxonomia de Espécies Problemáticas?. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

GUIMARÃES, S. O. Simulação Facial: O Uso da Tecnologia para o Ensino de Paleontologia. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

NATARELLI, T. R. P.; FONSECA, L. M. M. O Uso de Tecnologias Educacionais no Ensino de Paleontologia na Educação Básica. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

MAZONI, A. F.; ZABINI, C. Melhorias em Equipamento de Reconstrução de Imagens Tridimensionais de Baixo Custo para Paleontologia Usando Aprendizado de Máquina. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

POZZEBON-SILVA, A.; CARNIERE, J. S.; JASPER, A. Novas Perspectivas Acerca de *Coricladus quiteriensis* (FERUGLIOCLADACEAE?), Cisulário Inferior da Bacia do Paraná. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

RAIO, C. B. Facilitação científica: a importância de ferramentas digitais para o ensino e a aprendizagem de conceitos biológicos complexos. **CIET e EnPED**, Educação e Tecnologias: inovação em cenários em transição. 2018.

SANTANA, E. M.; PINHO, G. G.; ARAUJO, A. F.; SANTOS, E. S.; SILVA, T. A.; MAGALHÃES, I. L. F.; SARAIVA, A. A. Aranhas Fósseis em Depósitos Lacustres do Cretáceo. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

SILVA, D. C. **Entrevista online**. Curitiba, 2023. Informação verbal- Entrevista.

SILVA, K. F.; BERTOLOSSI, M. L. P.; CARVALHO, L. S.; BANDEIRA, K. L.; SILVA, R. C.; DOURADO, F.; LOPES, C. B. M.; PINHEIRO, A. E. P. Uso do Aplicativo de Celular como Alternativa para Digitalizar Fósseis para Impressão 3D. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

SOBRAL, A. C. S.; SÁ, D. R.; ZUCON, M. H. Multimídia: conteúdos de Paleontologia na forma de CD-ROM para a Educação Básica. **Scientia Plena**, v. 6, n. 6. 2010.

SOUSA, M. M.; SOUSA, E.; FORTIER, D. C. Identificação de Paleopatologias em *Dastilbe crandalli* (Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe), Ceará, Brasil. **Paleodest, Paleontologia em Destaque-** v.38, n.78, 2023.

STRAPASSON, E. V. L.; NITSCHKE, L. B.; RICHTER, M. Museus de história natural e o uso de mídias interpretativas na valorização do patrimônio paleontológico para o turismo. **Revista Iberoamericana de Turismo- RITUR**, Penedo, v. 11, n. 2. 2021.

TRAVASSOS, L.E.P.; ARÊDA, L.D.; PAULO, O.P. Uso de modelos tridimensionais no ensino da Geografia Física e Paleontologia. **Boletim Alfenense de Geografia**, v. 1, n. 2, p. 63-75, 2021.

UFPR. COMISSÃO DE NORMAS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS. SIBI - UFPR. 2018. **Orientação para normalização de trabalhos acadêmicos - modelo de trabalho acadêmico**. Curitiba. 2018, 31p.

VICCARI, J. M. Utilização de Microfóssil Conodonte em Biocronoestratigrafia da Bacia do Parnaíba. **Salão UFRGS 2020: SIC - XXXII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS**. 2020. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/227636/Resumo_70446.pdf?sequence=1> Acesso em: nov. 2023.

APÊNDICE 1 – PERGUNTAS PARA AS ENTREVISTAS

1) Dados profissionais:

- a) Formação e local
- b) Ano de formação
- c) Desde que ano atua com Paleontologia e que atividades desenvolveu?
- d) Por que se interessou pela área?
- e) Durante a sua formação ou quando criança como viu seu envolvimento com as tecnologias digitais? Por exemplo: sempre gostou de equipamentos e tem facilidade de usar desde celular, máquinas fotográficas, notebook etc...
- f) Atividades que desenvolve atualmente – por exemplo, estudante de pós-graduação e outras atividades relacionadas (extensão, ensino -monitoria, prática docente....)

2) Perguntas relacionadas as tecnologias e recursos digitais utilizadas nas pesquisas e na divulgação científica da paleontologia:

- 1. Qual é o seu papel na pesquisa paleontológica?
- 2. Na sua opinião qual a importância das tecnologias digitais no seu trabalho?
- 3. Quais tipos de tecnologias digitais, como raio X, vídeos e fotos, que você utiliza?
- 4. Os pesquisadores de paleontologia de outras instituições utilizam outras? Pode dar exemplos específicos?
- 5. Como a análise de imagens e vídeos está ajudando na identificação e na compreensão de sua pesquisa com fósseis?
- 6. Como você está fazendo o uso da digitalização e da modelagem 3D para estudar fósseis e outros achados paleontológicos?
- 7. Você faz o uso de vídeos em sua pesquisa? Como vídeos, por exemplo, poderiam ser divulgados? Você chegou a divulgar algum dos vídeos realizados por você?
- 8. Você já teve experiência na divulgação de vídeos relacionados à paleontologia?

9. Como você acha que vídeos e outras mídias digitais podem ser eficazes na divulgação de descobertas paleontológicas e na educação do público em geral?

10. Se sim, pode compartilhar algum exemplo de um vídeo que tenha produzido ou participado?

11. Quais são os desafios e considerações específicos ao criar e compartilhar vídeos paleontológicos, especialmente quando se trata de garantir precisão científica e acessibilidade ao público?

12. Como você vê a relação entre a produção de vídeos paleontológicos e a promoção da conscientização e da conservação de fósseis e sítios paleontológicos?

13. Que dicas ou conselhos você teria para outros paleontólogos ou entusiastas que desejam criar e divulgar vídeos relacionados à paleontologia?

14. Quais são os principais desafios de aplicar tecnologias digitais na paleontologia? E quais são os benefícios?

15. Pode compartilhar exemplos de descobertas paleontológicas significativas que foram possibilitadas ou aprimoradas pelo uso de tecnologias digitais?

16. Quais são as implicações éticas e práticas do uso de tecnologias digitais na paleontologia, como a digitalização de fósseis raros?

17. Quais são as tendências emergentes ou futuras no uso de tecnologias digitais na paleontologia que você acredita serem promissoras?

18. Qual a importância de comunicar os resultados da pesquisa paleontológica com o público em geral, e como as tecnologias digitais podem desempenhar um papel nesse processo?