



APLICAÇÃO DE MÉTODOS E USO DO METAVERSO PARA CRIAÇÃO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

ARTIGO ORIGINAL

SANTOS, Mauricius Correa¹, POZZEBON, Eliane²

SANTOS, Mauricius Correa. POZZEBON, Eliane. **Aplicação de métodos e uso do metaverso para criação de modelos tridimensionais no ensino de biologia celular**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 10, Ed. 06, Vol. 01, pp. 60-90. Junho de 2025. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-da-computacao/metodos-e-uso-do-metaverso>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-da-computacao/metodos-e-uso-do-metaverso

RESUMO

A pandemia de COVID-19 transformou a forma de convivência social, escolar e de trabalho. Cenário em que utilizou-se intensamente a tecnologia para as pessoas continuarem conectadas virtualmente entre os grupos, para expandir conhecimentos, pensamentos e até mesmo para garantir a continuidade de atividades básicas de serviço. A perspectiva de futuro é que deve continuar essa linha de avanços, utilizando da tecnologia para ampliar horizontes nos atuais métodos de ensino, transcendendo para um mundo cada vez mais virtual. Nesse estudo foi realizada revisão da literatura sobre realidade virtual, realidade aumentada e conceitos e aplicação do metaverso para compreender a evolução histórica desta inovação tecnológica no período de 2021 a 2022. A pesquisa exploratória e a pesquisa aplicada foram conduzidas com o objetivo de adquirir conhecimento teórico e aplicá-lo na prática. Com base nos dados obtidos, foi desenvolvido um protótipo de ambiente interativo que permite a manipulação de objetos tridimensionais relacionados à biologia celular, bem como a criação de um mundo interativo no metaverso. Esse protótipo integra teoria e prática, promovendo uma experiência educacional imersiva e interativa. Para isso, foi utilizado o software Photon 2, juntamente com Unity e hardware o HMD Quest 2. Os resultados deste estudo indicam que o protótipo desenvolvido, utilizando elementos 3D interativos em um ambiente virtual, integra teoria e prática de forma a possibilitar maior compreensão e interação visual dos estudantes com objetos abstratos da biologia celular. A aplicação dessas tecnologias demonstrou potencial para melhorar a



experiência de aprendizado, tornando conceitos complexos mais acessíveis e envolventes.

Palavras-chave: Tecnologias Educacionais, Realidade Virtual, Realidade Aumentada.

1. INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19 transformou a forma de convivência social, escolar e de trabalho. Essas mudanças impactaram a forma que as pessoas produzem, sendo que a principal delas foi o uso intensivo da tecnologia. Para Arshad (2021) a tecnologia da informação e comunicação foram centrais para disseminação de informações de emergência e para auxiliar o distanciamento social. Estas alterações permitiram que o mundo continuasse conectado, virtualmente, o que expandiu as relações globais de cuidado, assim como garantiu a continuidade de execução de atividades que antes eram presenciais para modalidade remota. Diversas aplicações do uso de tecnologias digitais, foram implementadas para a mitigação da pandemia do coronavírus, como por exemplo planejamento, vigilância, testagem, rastreamento e cuidados em saúde, dentre outros (Singh *et al.*, 2020; Smits; Staal; Van Goor, 2020; Wang; Ng; Brook, 2020; Whitelaw *et al.*, 2020). A adoção global dessas tecnologias inteligentes e digitais como a Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) alterou substancialmente os processos de formação, trabalho, conhecimento e descobertas que passaram a ser desenvolvidas com maior agilidade (Shen *et al.*, 2022). Transformou-se, portanto, numa experiência, vivenciada mundialmente, que demonstrou a importância de continuar o investimento em tecnologia para ampliar os métodos de aprendizagem compartilhada, transcendendo o ensino para o mundo em um ambiente digital e coletivo.

Nesta perspectiva, a (RV) e (RA) são tecnologias chave para o desenvolvimento na educação em diversas áreas proporcionando um ambiente virtual imersivo e interativo (Barbic *et al.*, 2017). RV é comumente considerada como uma tecnologia que induz a imersão virtual em um mundo digital por meio do uso de uma simulação gráfica computadorizada que permite aos usuários mergulhar em um mundo tridimensional interativo repleto de várias experiências sensoriais e emocionais (Drigas; Mitsea;



Skianis, 2022), enquanto a RA adiciona informações sensoriais geradas por computador à experiência do mundo real do usuário (Paro; Hersh; Bulsara, 2022).

O amadurecimento e ampla utilização das tecnologias de RV, RA e comunicação em redes (5G), além de serem importantes para o desenvolvimento e futuro de várias profissões como a educação e o metaverso, também representam um estágio mais recente de tecnologia de imersão visual devido ao rápido aumento da capacidade computacional, baixa dos custos e uso da Inteligência Artificial. Essas tecnologias já são usadas há décadas, mas apenas recentemente começaram a sair das esferas mais limitadas como acadêmicas e militares (Raposo *et al.*, 2004).

O metaverso e as tecnologias que o envolvem mostram grandes potenciais na educação médica, saúde, ciências, treinamento militar, industrial e aprendizado de idiomas. Permite que os alunos vivenciem experiências em espaços virtuais, com mais oportunidades de experimentar, explorar, aprender, imergir e ensinar em um mundo diferente, proporcionando interação que seriam de difícil acesso no mundo real. Essa inovação, que implica num processo de construção de espaços, mundos, atividades, desafios, experiências imersivas (Ferreira *et al.*, 2022), já é uma realidade no Brasil. Em 2023, a USP se tornou a primeira universidade pública brasileira a implantar uma plataforma com tecnologia de metaverso para diversas áreas do conhecimento (<https://www.poli.usp.br/noticias/noticiasdapoliusp/68662-usp-sera-a-primeira-universidade-publica-brasileira-no-metaverso.html>). Na área da saúde, a Fiocruz realizou no campus virtual (<https://campusvirtual.fiocruz.br/portal/>) o primeiro encontro Ibero-Americano de Educação Baseada em Simulação. E o Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel) criou centro de metaverso par alunos, professores e o público em geral, para explorar o campus de maneira imersiva e inclusiva (<https://inatel.br/noticias/alunos-de-engenharia-criam-metaverso-do-inatel-e-participam-de-aplicacoes-para-o-6g>).

Também, tem demonstrado ser importante avanço tecnológico de experiências e oportunidades virtuais de aprendizagem aos usuários para aviação, na simulação de voos, treinamento de pilotos, drones (CREA-PR, 2022), para monitoramento do planeta e florestas, como por exemplo a iniciativa do governo brasileiro para preservar



a Floresta Amazônica à distância e estabelecer conexão com os povos originários (<https://www.gov.br/cnpq/pt-br/assuntos/noticias/atualidades/metaverso-da-amazonia-sera-lancado-na-75a-reuniao-anual-da-sbpc>) e para educação dos estudantes da área da saúde, em especial no ensino de anatomia (Bernardes *et al.*, 2024).

Áreas como assistência médica, defesa, manufatura e transporte serão transformadas para sempre. Com afluxo sem precedentes de financiamentos federais e estaduais dos governos, em grande parte devido a pandemia de covid-19, agora é a hora para as universidades de pesquisa investirem e criarem laboratórios de pesquisa cibernética, onde os participantes do setor público e privado podem explorar pesquisas para promover a inovação em educação e treinamento em torno de tecnologias futuras (Kathe *et al.*, 2022).

Experiências bem-sucedidas na saúde são destacadas nos estudos de Huh (2022), Locurcio (2022), Werner *et al.* (2022) e Koo (2021). Huh (2022) demonstrou como o metaverso pode ser aplicado no treinamento de cirurgias pulmonares utilizando tecnologias de realidade estendida (XR). Locurcio (2022) destacou o uso de luvas hápticas em odontologia, permitindo que estudantes pratiquem procedimentos com feedback tátil em tempo real, o que aprimora a técnica e aumenta a acessibilidade. Werner e colaboradores (2022) exploraram a integração de e-health com o metaverso na medicina fetal e ginecologia, promovendo consultas e treinamentos médicos eficientes durante a pandemia de COVID-19. Já Koo (2021) apresentou como o metaverso foi utilizado em ambientes cirúrgicos, proporcionando aprendizado remoto com uma imersão tão realista quanto a observação presencial. Essas inovações representam avanços significativos no uso do metaverso na área da saúde, otimizando o ensino, treinamento e acessibilidade dos serviços médicos.

O conceito de metaverso está em constante evolução, com as tecnologias de RV e RA em um período de maturação e desenvolvimento, assim como, as áreas à sua volta. E com a entrada na era do 5G, esperasse um salto na conectividade e experiências digitais (Santos, 2022).



Diante da crescente evolução, desde 2018, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) disponibilizou um sumário executivo com as tendências em inteligência artificial voltadas para a educação para o período de 2017 a 2030. Nesse documento, destaca a RV e RA como potenciais áreas de estudo, prevendo, ainda, maior acessibilidade e intensificação de desenvolvimento de tecnologia nos próximos anos (Serviço nacional de aprendizagem industrial, 2018).

Apesar dessas iniciativas, estudo de Bernardes *et al.* (2024) aponta, entre as limitações, que apenas três dos nove cursos de educação superior na área da saúde incorporaram o metaverso. Além disso, há enormes desigualdades no acesso a internet e conectividade, entre os estudantes, para imergir nas tecnologias disponíveis.

Ao longo do processo de aprendizado, observa-se um conjunto de obstáculos para a apreensão do conhecimento. A falta de acesso a materiais educativos, físicos e atualizados e a escassez de recursos, como livros, laboratórios e insuficiência de professores são exemplos dessas dificuldades.

Caracteriza-se, também, por um processo de aprendizado com ausência de inovação suficiente para acompanhar os avanços tecnológicos que ocorreram nos últimos tempos, que por sua vez tornaram os conteúdos abstratos e abordagens monótonas, na medida em que os alunos perdem o interesse especialmente pela defasagem do ensino em relação a sua vida tecnológica.

Estudos como o da biologia do corpo humano exigem um esforço imaginativo para compreensões abstratas de um conjunto de órgãos e seus funcionamentos e interações que facilmente poderiam ser explicados em um ambiente de imersão virtual tridimensional.

O metaverso oportuniza que a aprendizagem ocorra de uma forma mais imersiva pela interação entre o aluno e o objeto de conhecimento. Ajuda, ainda, a transpor dificuldades de acessibilidade e abstração, promovendo um processo de aprendizado



com mais autonomia e dinamicidade. Superando, portanto, os problemas descritos acima.

Os benefícios promissores do ensino baseado em metaverso, advém de sua potencialidade em permitir uma forma de aprendizagem experiencial, colaborativa, mais imersiva pela interação entre o aluno e o objeto de conhecimento, mediado por atividades virtuais envolventes (Kye *et al.*, 2021). Além de auxiliar, a transpor dificuldades de acessibilidade e abstração, promovendo um processo de aprendizado com mais autonomia e dinamicidade. Superando, portanto, os problemas descritos acima.

O metaverso, ainda não é uma realidade para ampla maioria das escolas. Entretanto, o Sistema de Ensino Aprende Brasil, uma plataforma digital, com tecnologias em ambiente virtual, voltado à rede pública municipal de ensino, está presente em mais de 200 municípios, abrangendo mais de 290 mil estudantes em 1,6 mil escolas municipais, do país. Nessa modalidade é ofertado aprendizagem com dois jogos disponíveis gratuitamente para crianças de escolas públicas e particulares de todo o Brasil: o “Charadas do Corpo Humano” e o “Eu sou DJ”. Essa iniciativa representa um ponto de partida para o ingresso do metaverso, no Brasil (<https://aprendebrasil.com.br/>).

O objetivo deste estudo foi explorar as possibilidades do metaverso como ferramenta educacional, com foco em criar um protótipo de ambiente interativo que integra tecnologias de realidade virtual para o ensino de biologia celular. A proposta busca demonstrar como a manipulação de objetos tridimensionais e a imersão em um mundo virtual podem enriquecer a experiência de aprendizado, promovendo maior interação e compreensão de conceitos abstratos.

Portanto a principal justificativa de realizar esse estudo experimental deve-se à necessidade de oportunizar a vivência imersiva por meio de criar um método eficiente, criativo, ágil e prático para aplicar seu uso na biologia, médio e fundamental, através de ferramentas multimídias e recursos atrativos interativos, pedagogicamente aplicáveis e eficazes, tanto para o ensino presencial como para o remoto.

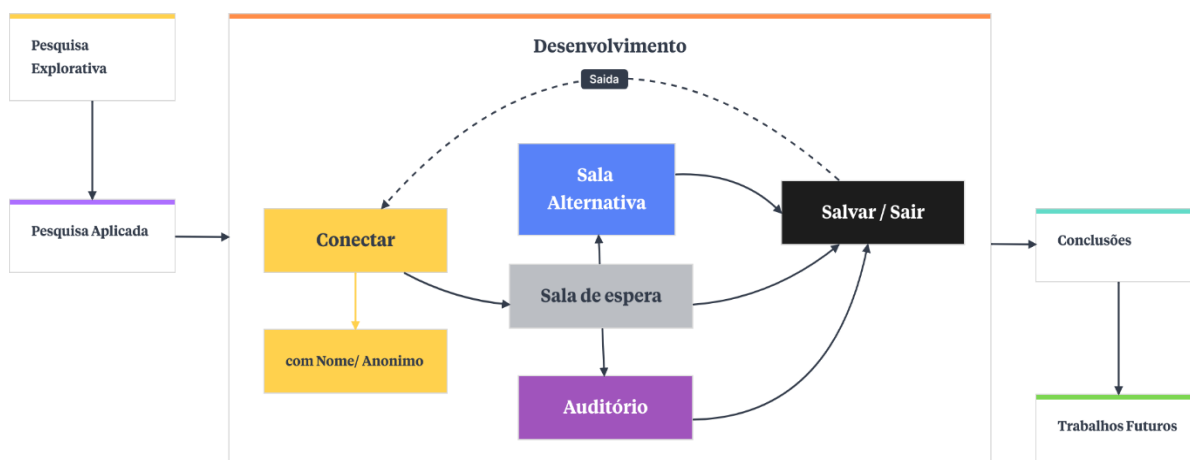
2. METODOLOGIA

O trabalho tem como base o método de abordagem dedutivo proposto por Marina de Andrade Marconi e Eva Maria Lakatos (Marconi e Lakatos, 2017). Baseada nas seguintes premissas: - imersivo, colaboração para educação e inovação tecnológica.

Os estudos feitos por Lopes e Gonçalves (2021) e Almarzouqi; Aburayya e Salloum (2022) corroboram com evidências de que a utilização de Realidade Aumentada e Realidade Virtual proporcionam um aumento significativo no alcance e na qualidade de ensino. Para fins de comprovação desta premissa foi realizada uma etapa de pesquisa exploratória a fim de agregar conhecimento sobre o tema. Para isso, realizou-se revisão de literatura a partir de livros, artigos e teses. Para a seleção utilizou-se a busca no período de 2021/2022 nas bibliotecas virtuais (PubMed, IEEE, SciELO), com os seguintes descritores: metaverso; realidade virtual e tecnologias educacionais.

Seguida por uma Pesquisa Aplicada, conforme conceituada por Gil (2022), pois pretendeu-se adquirir conhecimentos visando aplicá-los em uma situação que no caso é a realização de um protótipo de um ambiente de Realidade Virtual como recurso de inovação das práticas de ensino. O diagrama abaixo sintetiza o desenvolvimento das etapas:

Figura 1 Diagrama de pesquisa e desenvolvimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



Para o desenvolvimento do estudo foi utilizados modelos tridimensionais disponibilizados pelo Laboratório de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina (LABTEC/ UFSC) Esses modelos são empregados no planejamento e construção de experiências de aprendizado com realidade aumentada, voltadas ao ensino médio e fundamental. O processo de desenvolvimento seguiu etapas fundamentais descritas por Carraro *et al.* (2020), como o registro no mundo real, a visualização contextual e a visualização háptica, garantindo a integração entre os objetos virtuais e o ambiente físico, além de possibilitar a manipulação interativa dos modelos. Essa abordagem contribui significativamente para o engajamento e compreensão dos conteúdos educativos apresentados.

Para integração de objetos tridimensionais e criação de um mundo interativo foi escolhido usar a ferramenta Unity pela acessibilidade, compatibilidade com aplicação Android, maior gama de material gratuito disponível e pacotes de ferramentas.

A Unity possui um pacote de ferramentas voltado a tecnologias de realidade estendida muito útil para o desenvolvimento de aplicações em RV/RA. Além deste pacote de ferramenta foi utilizado o pacote da Photon Pun 2, o qual acelera o processo de criação de aplicações em tempo real.

Segundo diagrama de pesquisa e desenvolvimento o protótipo está dividido nos seguintes itens:

- Tela de Login;
- Lobby;
- Sala de apresentação/auditório;
- Sala Alternativa.

Todos os itens estão conectados entre si a partir de um fluxo criado para a aplicação usando o Photon 2 juntamente com Unity.



O HMD selecionado foi o óculos da empresa META chamado quest 2 por sua popularização sendo um óculos que oferece mais opções a um preço médio acessível com as seguintes especificações:

- Dimensão: 191.5 mm x 102 mm x 142.5 mm;
- Peso: 503g;
- Suporte para rastreamento de cabeça e mãos com 6 graus de liberdade por meio da tecnologia integrada Oculus Insight;
- Armazenamento de 256GB;
- Display LCD com resolução de 1832x1920 para cada olho;
- Taxa de atualização entre 72-90 Hz;
- SoC (System on Chip): Qualcomm® Snapdragon™ XR2;
- Áudio e Microfone integrado;
- RAM: 6GB;
- Bateria com duração de 2-3 horas;
- Porta USB-C.

O HMD Quest 2 funciona com o princípio binocular proporcionando uma visão estereoscópica. Segundo Raposo *et al.* (2004), a visão estereoscópica ocorre pelas diferenças de imagens geradas pelo olho direito e pelo olho esquerdo separadas em uma certa distância e quando processadas pelo cérebro dão a nós uma noção de profundidade. Com isso, tem-se a ideia de imersão em um ambiente com objetos com diferentes distâncias.



3. RESULTADOS

3.1 REVISÃO INTEGRATIVA DO CONCEITO DE METAVERSO

O termo metaverso, com a concepção de transcender para um universo, surgiu pela primeira vez em 1992. Neal Stephenson (1992), cita o termo para definir o lugar em que os personagens a partir de seus avatares entram em uma realidade alternativa virtual. A palavra metaverso é composta por “meta” que significa transcendência e “universo” que representa o mundo, referindo-se a digitalização do mundo.

Para Kye *et al.* (2021), podemos dividir o metaverso em dois eixos: “aumento vs simulação” e “íntimo vs externo”. E baseado nestes eixos, Kye *et al.* (2021) classificaram o metaverso em 4 (quatro) tipos:

- Augmented reality:

Consiste em construir um ambiente inteligente utilizando tecnologias e redes baseadas em localização. Com aplicações em smartphones, HUDS e veículos como Pokémon GO, livros digitais e conteúdo realista.

- Lifelogging:

Tecnologia para capturar, armazenar e compartilhar experiências cotidianas e informações sobre objetos e pessoas. Com aplicações em dispositivos vestíveis e caixa preta para o facebook, instagram, Apple watch, Samsung health, nike plus.

- Mirror world:

Foco em refletir o mundo real como ele é, mais íntegro e fornecendo informações do ambiente externo. usado para serviços baseados em mapas virtuais e modelagem usando tecnologia GPS como Google Earth, Google Maps, Naver Maps, Airbnb.



- Virtual reality:

Um mundo virtual construído a partir de dados baseado em atividades entre avatares que refletem o ego do usuário e o mundo comumente visto em muitos jogos multiplayer online como Second Life, Minecraft, Roblox, Zepeto (Kye *et al.*, 2021).

Park e Kim (2022) fizeram uma análise detalhada sobre os conceitos do termo “metaverso”, desde o seu surgimento em 1992 até os conceitos mais recentes do ano de 2021.

Quadro 1 Definições e Características do Metaverso

Autor	Definição	Característica.
Stephenson (1992)	Um mundo onde humanos por meio de avatares interagem uns com os outros em um ambiente tridimensional que reflete o mundo real.	Permite que os usuários criem novas entidades para terem valor de mercado.
Kipper e Rampolla (2013)	Ciberespaço onde todos estão interligados, semelhante ao acesso à internet por meio de um meio chamado realidade virtual.	Inclui simulações, www, diferentes tipos de interfaces, ambientes colaborativos e outros mundos recém nascidos.
Preda; Moran; Timmerer (2013)	Espaço compartilhado online coletivo.	Convergência de virtual, realidade aumentada e espaço virtual fisicamente permanente, incluindo a soma de todo mundo virtual gerado, realidade aumentada e internet.
Kanematsu <i>et al.</i> (2013)	Mundo criado com quatro fatores diferentes: realismo, ubiquidade, interoperabilidade e extensibilidade.	Descrevendo os desafios técnicos, barreiras econômicas e políticas de objetos de modelagem do mundo real no mundo virtual.
Prisco (2009)	Um vídeo realista baseado em RA que permite interação imersiva entre os participantes.	Sustentabilidade e agilidade acessível ao consumidor por tecnologia de realidade virtual.



Duan et al. (2021)	Um mundo em que os usuários, a partir de avatares, podem interagir uns com os outros e com aplicações de software em um espaço virtual 3D.	Visão macro, infraestrutura, interação e ecossistema; um protótipo de metaverso baseado em blockchain.
Ko e Jang (2014)	Uma comunidade virtual online que permite o uso de simulações e objetos para interagir com outros usuários por meio de avatares.	Interatividade, persistência física, bate-papo online, entretenimento e educação.
Hazan (2010)	Um lugar onde os usuários fazem login o tempo todo para interagir com outras pessoas em brincadeiras, comercio, criatividade e exploração.	Escapar para um mundo que vá além da ilusão.

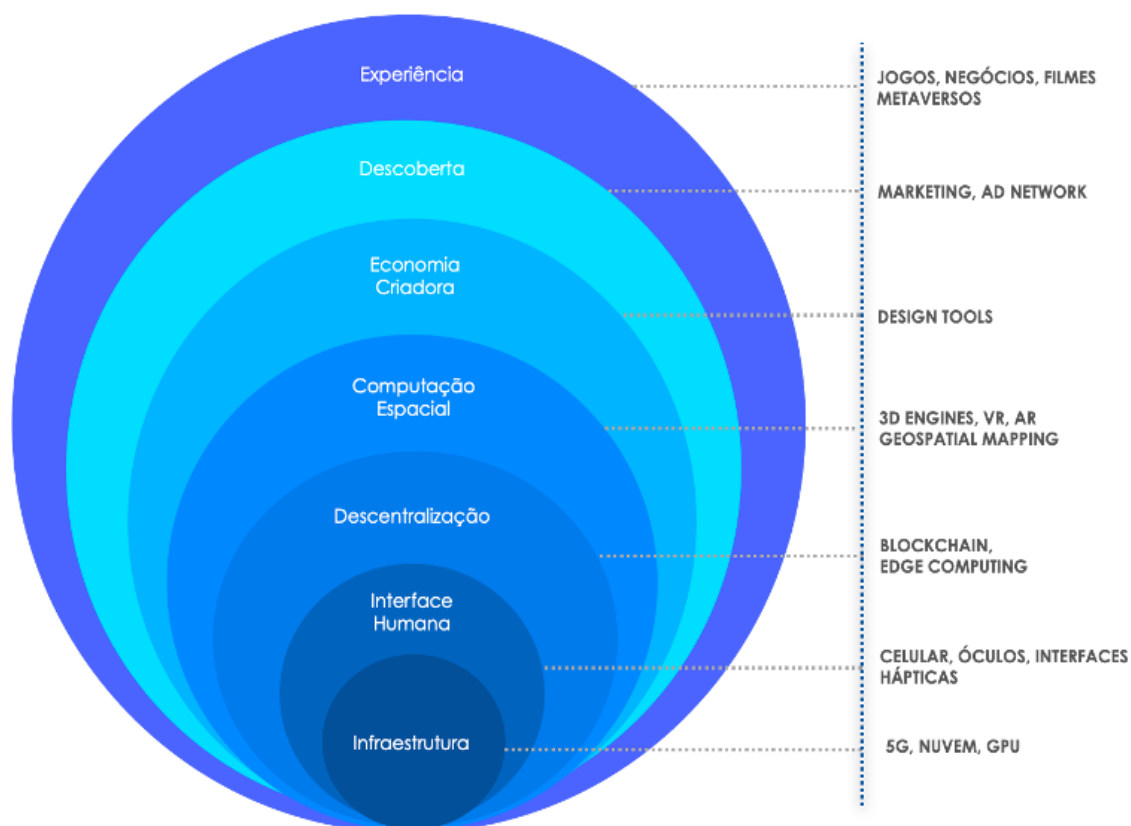
Fonte: Adaptado de Park e Kim (2022).

Através deste quadro de conceitos, pode-se observar que não há uma definição única de metaverso em que todos os autores concordem. Certamente, isso decorre do metaverso, ainda ser um campo em evolução, numa diversidade de aplicações e consequentemente de descrições de funcionalidades, que ainda não permitiram uma definição de consenso universal, tanto no meio acadêmico como da indústria.

3.2 PADRONIZAÇÃO E INTEROPERABILIDADE DO METAVERSO

Para Jon Radoff (2021), especialista em tecnologias disruptivas, o metaverso representa a desmaterialização completa do espaço físico. Ele explicita as sete camadas tecnológicas que unem as peças do metaverso (Figura 2).

Figura 2. Modelo de Construção do Metaverso



Fonte: adaptado de Jon Radoff (2021).

Quadro 2. As sete camadas tecnológicas que unem o metaverso

Camadas	Características	Exemplo
Experiência:	Essa camada da experiência é o que Jon Radoff chama de desmaterialização do espaço físico. Com um dos principais aspectos é sua ênfase na interatividade ao promover a criatividade, a colaboração e o entretenimento, proporcionando aos usuários um ambiente rico e envolvente.	- Interações sociais - Jogos multiplayer - Esportes Virtuais (Esports) - Shows virtuais - Visitação de marcos históricos e museus recriados em um espaço virtual.



Descoberta:	A camada de descoberta desempenha um papel crucial em ajudar os usuários a navegar e encontrar conteúdo relevante na vasta extensão do Metaverso. Com uma abundância de experiências disponíveis, mecanismos eficientes de descoberta tornam-se essenciais. A Camada de Descoberta incorpora vários elementos para aprimorar a capacidade de descoberta de conteúdo no Metaverso.	- Mecanismos de pesquisa: - Algoritmos de recomendação: - Recursos de personalização: - Ferramentas de descoberta social: - Conteúdo popular e de tendências.
Economia do criador:	Capacitar e fornecer ferramentas para criadores e desenvolvedores criar, distribuir e monetizar suas criações virtuais. Descoberta e reconhecimento de talentos ao fornecer plataformas e mercados para os criadores mostrarem seus trabalhos, ganharem exposição e se conectarem com seu público.	- Geração de renda por meios como, bens virtuais, imóveis virtuais, arte digital e experiências (plataformas de “low cod”) - E-commerce, mercados de ativos Ferramentas de design, fluxo de trabalho e permite aos criadores construir sua marca e envolver seguidores e em uma comunidade que aprecia suas criações.
Computação espacial.	A computação espacial envolve o uso de tecnologias como realidade aumentada (AR), realidade virtual (VR), realidade mista (MR) e outras tecnologias imersivas. Essas tecnologias criam uma ponte entre os reinos digital e físico, permitindo que os usuários experimentem e interajam com objetos, ambientes e informações virtuais em um contexto espacial. Oferece aos usuários a capacidade de navegar e explorar mundos virtuais sobrepostos ao ambiente físico. Em um Metaverso mais imersivo e interativo. Essa camada permite a criação de experiências multijogador onde os usuários podem interagir com avatares que representam a si mesmos ou a outros.	Facilitar o turismo virtual Aprimorar a educação e o treinamento, fornecendo simulações imersivas e experiências de aprendizado interativas. As experiências de jogo podem se tornar mais imersivas e realistas, com objetos e personagens virtuais perfeitamente integrados ao ambiente físico do usuário.
Descentralização.	Criar um mundo sem intermediários, mais democrático e distribuído garantindo que ele seja desenvolvido de maneira descentralizada e voltada para a comunidade.	



Interface humana.	Concentrada na interação do usuário com o Metaverso e fornece interfaces intuitivas e naturais, para que os usuários interajam perfeitamente com o ambiente virtual e facilitar uma sensação mais profunda de presença e imersão.	Criar hardwares (novos celulares e óculos de RA) para interagir com o mundo virtual usando gestos ou comandos de voz e o controle intuitivo e manipulação de objetos virtuais.
Infraestrutura.	Esta camada representa os componentes tecnológicos que permitem o funcionamento do Metaverso, incluindo as medidas de segurança para proteger os dados do usuário, a privacidade e a integridade do Metaverso.	Data centers, servidores, infraestrutura de rede, nuvem, assim como criptografia, controle de acesso e protocolos de segurança cibernética para garantir um ambiente seguro e confiável para os usuários.

Fonte: adaptado de Jon Radoff (2021).

3.3 TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE BIOLOGIA

O uso de tecnologias para o ensino de conteúdos com elevado nível de abstração, como biologia celular, tem sido amplamente explorado nas últimas décadas. Estudos mostram um aumento significativo no número de publicações acadêmicas e projetos educacionais utilizando Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) em disciplinas científicas, especialmente na biologia, devido à sua capacidade de traduzir conceitos abstratos em experiências visuais e interativas. De acordo com Lopes e Gonçalves (2021), a adoção de RA no ensino de ciências se intensificou consideravelmente nos últimos dez anos, com foco em aplicações que combinam modelos tridimensionais detalhados e interativos para facilitar o aprendizado.

Ferreira *et al.* (2022), no projeto realizado pelo Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC) da UFSC, analisou os benefícios da utilização de RA a partir de artefatos 3D para alunos do nono ano do Ensino Fundamental. Estes artefatos encontram-se no Repositório virtual do RAEscolas (disponível em: <https://raescolas.ufsc.br/#rarepository>) e formam alguns kits de estudos, conforme as imagens abaixo:



- **Células Biológicas:**



- **Mecanismos Celulares:**



- **Reprodução:**



- *Abosrção de nutrientes:*



Ferreira *et al.* (2022) elaboraram uma figura com palavras que demonstram os sentimentos dos alunos ao utilizar a tecnologia de RA, sendo que os mais relevantes foram: interessante, divertido e impressionante. Dessa forma, demonstra-se que o uso destas tecnologias podem despertar o interesse dos alunos nas disciplinas.

3.4.1 FERRAMENTAS

A partir da revisão de literatura observou-se que as ferramentas comumente utilizadas em software e hardware para criação de experiência em realidade virtual são as seguintes:

3.4.1 FERRAMENTAS DE SOFTWARE

Na parte de software existe uma variedade de ferramentas que são utilizadas para criação de aplicações tridimensionais. A modelagem 3D é utilizada para efetuar a criação de ambientes e de *assets* na composição de cenas e para interação. As mais comuns são: 1) Blender, 2) 3ds Max, 3) Zbrush (Tang e Ho, 2020).

Para implementação de físicas e regras sobre o mundo virtual tridimensional é comumente utilizado *engine* da indústria de desenvolvimento de jogos, sendo as mais frequentes: 1) Unity, 2) Unreal Engine (Tang e Ho, 2020). Para criação de servidores e aplicações com multijogadores existem alguns provedores que fornecem pacotes de ferramentas essenciais com suporte para as principais *engines* para interação com outras pessoas online como: 1) Narmcore.io, 2) Photonengine (Aaltonen, 2022)

3.4.1 FERRAMENTAS DE HARDWARE

3.4.1.1 HEAD-MOUNTED DISPLAY

Ivan Sutherland desenvolveu em 1968, o primeiro sistema *Head Mounted Display*, HMD como é mais conhecido. Na época o dispositivo era usado na cabeça por meio de um capacete e possuía uma pequena tela na parte da frente (Tang, 2014; SUTHERLAND, 1968). Os equipamentos utilizados para o metaverso estão sendo rapidamente aprimorados pelos avanços tecnológicos.

Um dos dispositivos essenciais para a experiência de imersão no metaverso é um HMD (*Head Mounted Display*), um visor montado na cabeça que projeta no campo de visão um mundo virtual com fones de ouvido acoplados proporcionando uma imersão visual e auditiva. Atualmente, existem diversos óculos de realidade virtual sendo eles o quest 2 da empresa Meta o mais popular entre eles.

Figura 3 O surgimento dos HMDs AR/VR nos últimos dez anos



Fonte: adaptada de Tan *et al.*, (2022).



3.4.1.2 CONTROLADORES

Dispositivos de interação tátil que permitem o manuseio de objetos no mundo virtual a partir de controles com sensores de movimento ou também por luvas hápticas, cujo objetivo é transferir a sensação de tocar um objeto, sentir o peso e pressão auxiliando a experiência do usuário.

3.4.1.3 OUTROS

Simulador de esteira omnidirecional para jogos de realidade virtual e outras aplicações. Ele usa uma plataforma para simular a locomoção, ou seja, o movimento de caminhar, exigindo sapatos ou coberturas de calçados especiais e uma superfície que reduza o atrito.

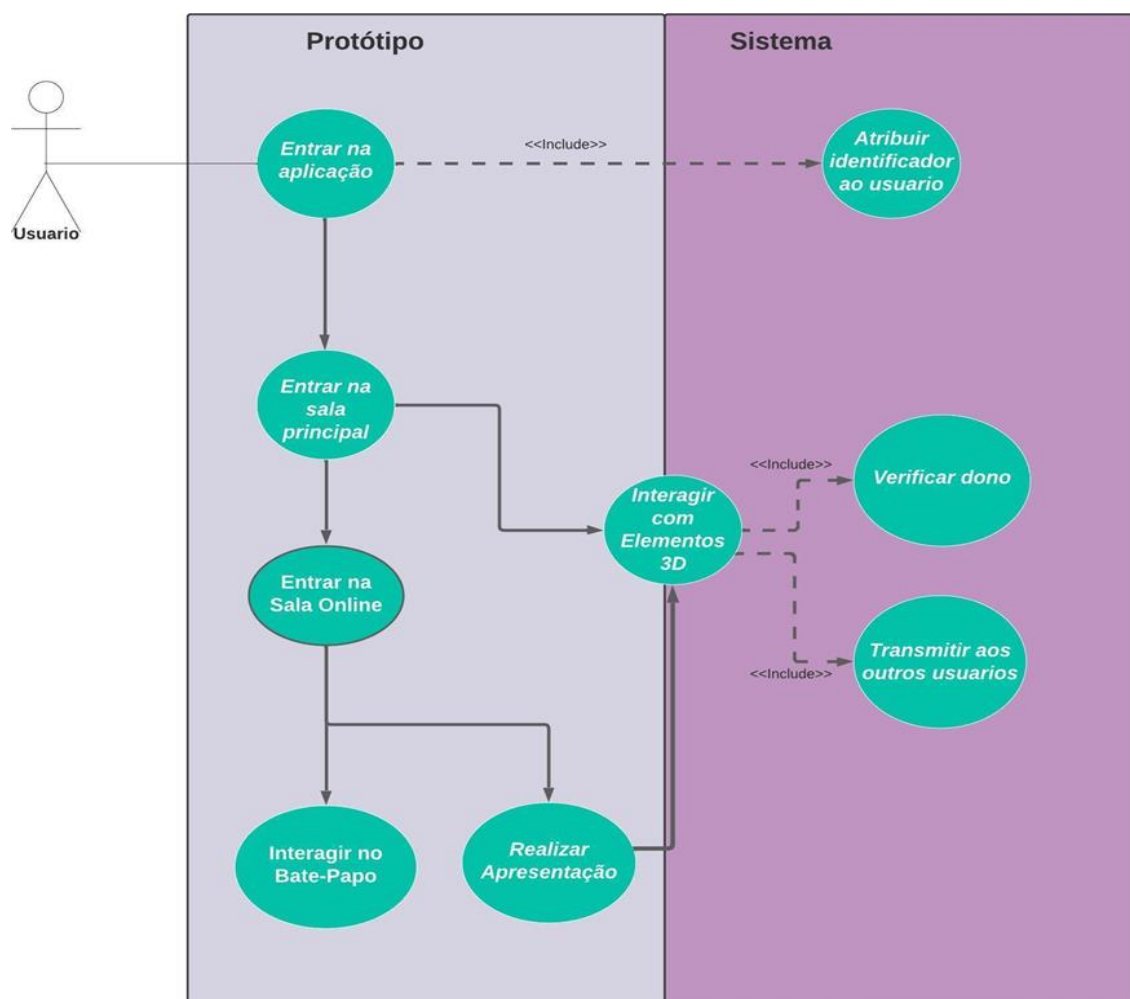
3.5 PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE UM AMBIENTE EDUCACIONAL VIRTUAL

A partir dessas informações, foi proposta de desenvolvimento do protótipo visando a utilização do conhecimento adquirido até o presente momento através da pesquisa exploratória e aplicada.

3.5.1 DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

Para a descrição da proposta foi elaborado o diagrama de caso de uso demonstrado abaixo:

Figura 4- Sala de apresentação



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Nesse estudo foi desenvolvido um protótipo original de ambiente educacional virtual, baseado em RV no metaverso, para o ensino de biologia. Para tanto, foram projetados elementos 3D no ambiente virtual, imagens e animações.

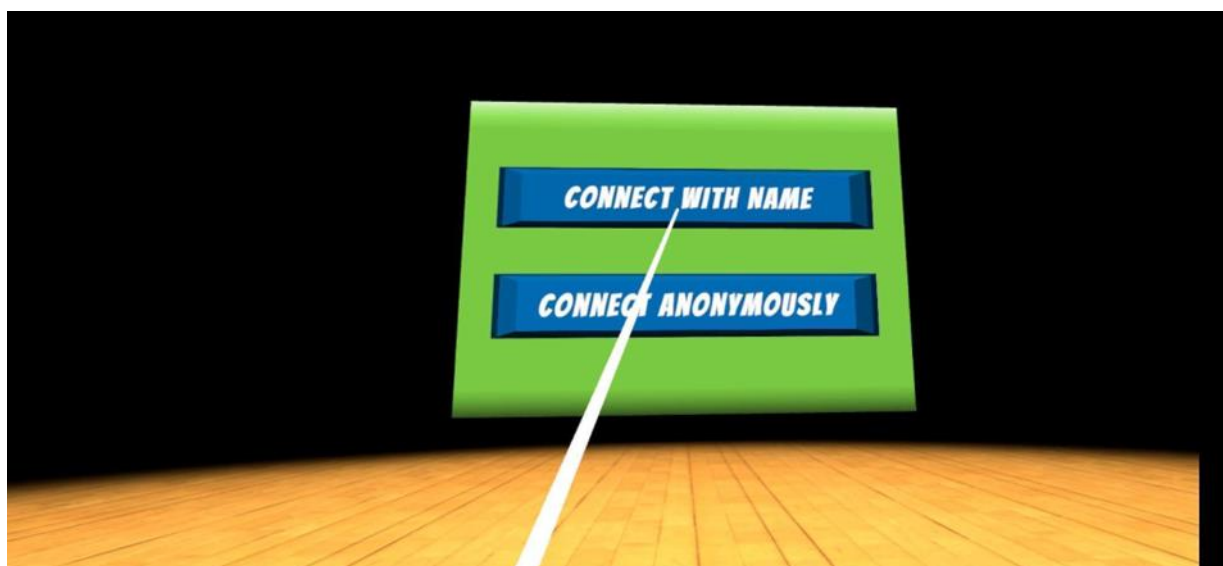
Contudo, apesar da velocidade com que o metaverso se expandiu, ainda é uma tecnologia relativamente nova, no qual persiste um conjunto de limitações para o desenvolvimento de projetos. Desta forma, este artigo foi desenvolvido com o intuito de contribuir para o conhecimento da engenharia da computação sobre aplicação do metaverso no ensino.

O protótipo desenvolvido corrobora com a literatura, demonstrando as potencialidades da aplicação do metaverso no ensino. É possível verificar que a principal vantagem relacionada ao aprendizado é a possibilidade de visualização de conteúdos abstratos de forma mais concreta. Uma experiência imersiva possibilita maior interação do estudante com o objeto de estudo, com mais profundidade de detalhes proporcionadas pela experiência visual interativa e que pode ser compartilhada em grupos, alcançando um número ampliado de pessoas.

3.5.2 IMPLEMENTAÇÃO

Para o protótipo foi criado a tela de login com acesso anônimo ou com um nome de usuário após a inicialização da aplicação.

Figura 5 Tela inicial da Aplicação



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Para digitalização, há um teclado virtual e um campo para a escrita.



Figura 6 – Teclado virtual



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Após conectar a aplicação, o usuário é direcionado para o *lobby*, que é uma sala inspirada no LABTEC e nesta sala possuem referências de outros projetos realizados pelo laboratório.

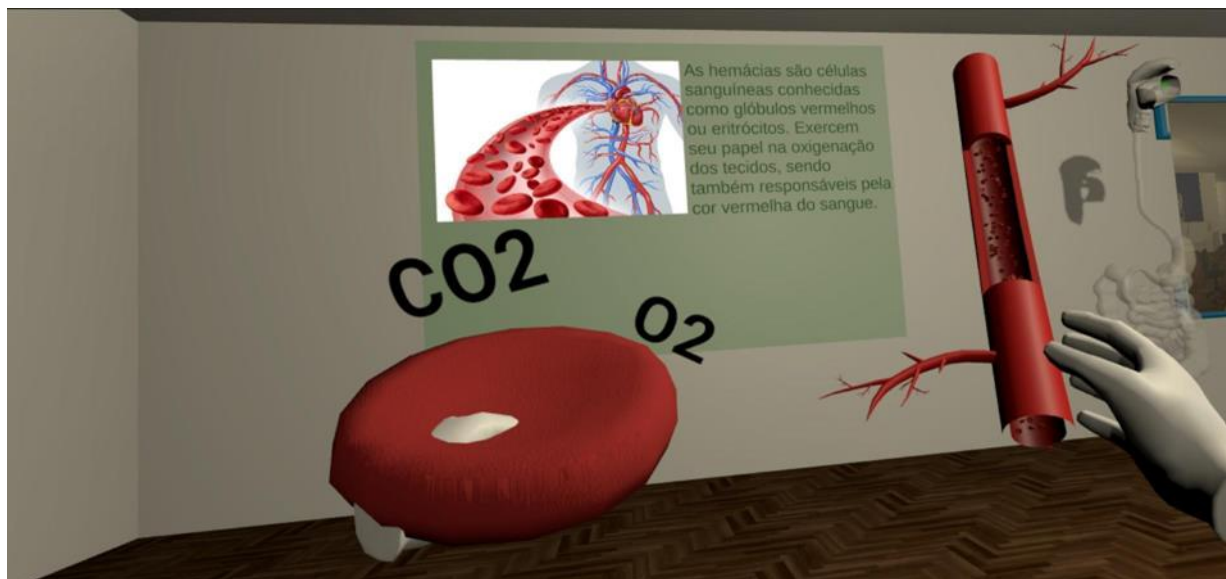
Figura 7 – Sala inspirada no LABTEC



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Dentro da sala de *lobby* há objetos referentes a biologia humana confeccionados pelo LABTEC para interação a partir dos controles.

Figura 8 – Interação com objetos 3D



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

A partir do *lobby* existem outras duas salas sendo uma de apresentação e outra de bate papo. Observa-se na figura abaixo que cada sala possui um campo de contagem de membros na parte inferior que comporta um máximo de 20 membros.

Figura 9 – Escolha de sala



Fonte: elaborada pelo autor (2025).

O auditório é uma sala de uso integrado que possui um quadro para apresentações. Nesta sala cada usuário entra com um Avatar básico pré-definido.

Figura 10 – Sala de apresentação



Fonte: elaborada pelo autor (2025).



4. DISCUSSÃO

A perspectiva geral, na previsão de especialistas como Tim Cook (The Metaverse Standards Forum, 2022), aponta que, apesar de ainda ser pouco compreendida pela população em geral, a visão de uma internet 3D aberta já existe e tem se desenvolvido ao lado do mundo real, permitindo aos participantes levar suas identidades e avatares entre diferentes espaços virtuais interoperáveis.

Hwang e Chien (2022) listam algumas aplicações do metaverso na educação:

1) estimular constantemente os alunos à um ambiente de estímulos cognitivos com práticas de habilidades que poderiam ser arriscadas ou perigosas no mundo real; 2) constantemente vivenciar e aprender em ambientes que geralmente os alunos não têm a oportunidade de se envolver no mundo real; 3) permitir que os alunos percebam ou aprendam algo que requer envolvimento e prática de longo prazo; 4) Encorajar e incentivar os alunos a tentar criar ou explorar situações que não seriam possíveis no mundo real devido a algumas razões práticas, como custo ou a falta de materiais reais; 5) permitir que os alunos experimentem, percebam ou observem as situações de diferentes perspectivas ou papéis; 6) permitir que os alunos aprendam a colaborar e interagir com pessoas as quais talvez não tenham oportunidades de trabalhar no mundo real; 7) explorar o potencial dos alunos envolvendo-os em tarefas complexas, diversas e autênticas (Hwang e Chien, 2022).

Lopes e Gonçalves (2021) e Almarzouqi, Aburayya e Salloum (2022) destacam que há grandes ganhos no uso de tecnologias como realidade virtual e realidade aumentada na educação. Almarzouqi, Aburayya e Salloum concluem que a tecnologia para o metaverso continuará a mudar o mundo em diferentes esferas, da educação à economia. Pois, o metaverso suportado com outras tecnologias será vital no ensino e aprendizagem. Criando assim, um crescente aumento de seu uso na inovação de RV e RA em ambientes de educação com mudanças impactantes nos métodos das práticas de aprendizagem



Diversas melhorias tecnológicas têm sido realizadas nos dispositivos de RV e sua aplicação vem crescendo em escritórios, comunidades virtuais e corporativas. Entretanto, ainda é necessário aumentar o conforto de uso do HMD, uma vez que é preciso reduzir os efeitos de sintomas de fadiga ocular e enjoo, experimentados por usuários em contínuas horas de imersão em RV.

Em relação ao protótipo do metaverso para o ensino da biologia, esse experimento é uma etapa inicial da proposta. Neste protótipo, o tipo de metaverso utilizado foi de RV, organizado para a produção de alguns aspectos do conteúdo de biologia. Não houve a intenção de dar conta de sua amplitude enquanto projeto didático-pedagógico, visto que necessita de maior organização de conteúdo didático, produzido por professores especialistas da área e que poderá ser planejado futuramente, na continuidade desse projeto.

O objetivo central foi o desenvolvimento de tecnologias do protótipo, utilizando as ferramentas para conectar imagens do real e o virtual e de pessoas a partir dos avatares. Para sua efetividade e expansão enquanto atividade de aprendizagem, carece de inserir etapas adicionais, que incluam maiores atrativos nos designers instrucionais, tecnologia relacionada a exibição de informação e de modelagem.

Importante, também, avaliar o desenvolvimento cognitivo e competências requeridas na biologia para desenvolver recursos que estimulem maior experiência de liberdade e criatividade. Para isso, é possível projetar atividades autodirigidas que dialoguem com o interesse dos alunos. Criar um ambiente de aprendizagem que permita introduzir questões baseadas em autonomia e interação em grupo para construção de respostas originais e coletivas, bem como identificar o conhecimento dos alunos sobre metaverso para superar dificuldades no uso, são formas que podem auxiliar nessa avaliação.

No que se refere a difusão, é importante desenvolver uma programação visual e o design instrucional do curso em conjunto com a equipe de gestão tecnológica da universidade. Essa experiência pode contribuir em projetos de desenvolvimento dos laboratórios digitais e espaços educacionais virtuais da UFSC. Pode ainda integrar



outras modalidades de metaverso, como o mundo espelhado (com imagens reais) e registro de vida, usando-os para capturar, armazenar e compartilhar experiências cotidianas e informações sobre objetos e pessoas.

O uso do metaverso no ensino é uma promissora modalidade de aprendizagem com aplicações de diversas novas metodologias. Assim como descrito por Santos (2022), o metaverso:

“... transcende o espaço fechado da sala de aula convencional e os limites de espaço-tempo, posto que aumenta a imersão do aluno pela participação ativa no conhecimento, através da vivência corpórea virtual e das relações sociais facilitadas pela representação dos avatares, o que muitas vezes seria limitado no mundo real (p32) (Santos, 2022).

A perspectiva de futuro aponta para a expansão da realidade virtual, com profundas transformações do mundo e do ensino para o próximo período da revolução tecnológica do ensino e a engenharia da computação é uma das áreas mais promissoras a contribuir nesta transição.

REFERÊNCIAS

AALTONEN, Pasi. **Networking tools performance evaluation in a VR application: Mirror vs. Photon PUN2**. 2022. Bachelor's Thesis - Turku University of Applied Sciences, Turku, 2022.

ALMARZOUQI, Amina; ABURAYYA, Ahmad; SALLOUM, Said A. Prediction of User's Intention to Use Metaverse System in Medical Education: A Hybrid SEM-ML Learning Approach. **IEEE Access**, [s. l.], v. 10, p. 43421–43434, 2022.

ARSHAD, Muhammad. The Role of Information and Communication Technology to Combat COVID-19 Pandemic: Emerging Technologies, Recent Developments and Open Challenges. **International Journal of Computer Science and Network Security**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 93–102, 2021.

BARBIC, Jernej; *et al.* (ed.). **Virtual reality and augmented reality**: 14th EuroVR International Conference, EuroVR 2017, Laval, France, December 12–14, 2017, Proceedings (Image ... Vision, Pattern Recognition, and Graphics). 1st. ed. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2017.

BERNARDES, Andrea; *et al.* Exploring the metaverse in the education of healthcare students: A scoping review. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, [s. l.], v. 32, p. e4347, 2024.



CARRARO, Julio Augusto Da Rosa; *et al.* Elaboração de um conjunto de métricas de qualidade para avaliação de experiências de aprendizagem com realidade aumentada. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO*, 2020, Brasil. **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2020)**. Brasil: Sociedade Brasileira de Computação, 2020, p. 421–430.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO PARANÁ (CREA-PR). **Revista Realizar**. Edição 8, 2022. Curitiba: CREA-PR, 2022. Disponível em: https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2025/01/Revista-Realizar_-_Ed.-8-_2022.pdf

DRIGAS, Athanasios; MITSEA, Eleni; SKIANIS, Charalabos. Virtual Reality and Metacognition Training Techniques for Learning Disabilities. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, n. 16, p. 10170, 2022.

DUAN, Haihan; *et al.* Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. *In: MM '21: ACM MULTIMEDIA CONFERENCE*, 2021, Virtual Event China. **Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia**. Virtual Event China: ACM, 2021. p. 153–161.

FERREIRA, Carlos Eduardo Antônio *et al.* Realidade Aumentada como apoio ao ensino de Ciências no contexto da pandemia por Covid-19: um estudo de caso. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 12, p. e503111234826, 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa**. 7. ed. São Paulo, SP: Editora Atlas Ltda, 2022.

HAZAN, Susan. Musing the metaverse. *In: 2008 ANNUAL CONFERENCE OF CIDOC*, 2010, Athens. **Anais [...]**. Athens: U.K.:Multi-Science Publishing, 2010.

HWANG, Gwo-Jen; CHIEN, Shu-Yun. Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 3, p. 100082, 2022.

HUH, Sun. Application of computer-based testing in the Korean Medical Licensing Examination, the emergence of the metaverse in medical education, journal metrics and statistics, and appreciation to reviewers and volunteers. **Journal of Educational Evaluation for Health Professions**, [s. l.], v. 19, p. 2, 2022.

KANEMATSU, Hideyuki; *et al.* Eco Car Project for Japan Students as a Virtual PBL Class. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 22, p. 828–835, 2013.

KATHE Pelletier; *et al.* **2022 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition**. Boulder, CO: [s. n.], 2022.

KIPPER, Gregory; RAMPOLLA, Joseph. **Augmented reality: an emerging technologies guide to AR**. 1st eded. Amsterdam; Boston, MA: Syngress/Elsevier, 2013.



KO, EunJin; JANG, JongHyun. The Virtual Device Managing Module of the Metaverse Assisted Living Support System. *In: International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods (MSV). Steering Committee World Congress on Computer, Engineering and Applied Computing (WorldComp)*, 2014. [S. l.: s. n.], 2014. p. 125–126.

KOO, Huilyung. Training in lung cancer surgery through the metaverse, including extended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bundang Hospital, Korea. **Journal of Educational Evaluation for Health Professions**, [s. l.], v. 18, p. 33, 2021.

KYE, Bokyung; *et al.* Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. **Journal of Educational Evaluation for Health Professions**, [s. l.], v. 18, p. 32, 2021.

LOCURCIO, L. L. Dental education in the metaverse. **British Dental Journal**, [s. l.], v. 232, n. 4, p. 191–191, 2022.

LOPES, Luciene Ortet; GONCALVES, Vitor. Evaluation of the Augmented Reality Educational Application for the 2nd cycle of primary school. *In: 2021 16TH IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (CISTI)*, 2021, Chaves, Portugal. **2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**. Chaves, Portugal: IEEE, 2021. p. 1–6.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

PARK, Sang-Min; KIM, Young-Gab. A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. **IEEE Access**, [s. l.], v. 10, p. 4209–4251, 2022.

PARO, Mitch R.; HERSH, David S.; BULSARA, Ketan R. History of Virtual Reality and Augmented Reality in Neurosurgical Training. **World Neurosurgery**, [s. l.], v. 167, p. 37–43, 2022.

PREDA, Marius; MORÁN, Francisco; TIMMERER, Christian. Introduction to the special issue on MPEG-V. **Signal Processing: Image Communication**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 85–86, 2013.

PRISCO, Giulio. A Virtual World Space Agency. **Futures**, [s. l.], v. 41, n. 8, p. 569–571, 2009.

RADOFF, Jon. **The Metaverse Value-Chain**. [S. l.], 2021.

RAPOSO, Alberto; *et al.* Visão estereoscópica, realidade virtual, realidade aumentada e colaboração. *In: Anais do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, Salvador, Bahia. **Anais do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação** [S.l.: s.n.], 2004. v. 2, p. 289–331.



SANTOS, Maurucius. **Aplicação do metaverso para modelos tridimensionais no ensino de biologia celular**. 2022. 36p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Graduação em Engenharia da Computação, Araranguá, 2022.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDÚSTRIA. **Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030: sumário executivo**. [S.l.: s.n.], 2018.

STEPHENSON, Neal. **Snow crash**. New York: Bantam Books, 1992. (A Bantam spectra book).

SINGH, Ravi Pratap; *et al.* Significant applications of virtual reality for COVID-19 pandemic. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 661–664, 2020.

SHEN, Shiwei *et al.* Exploring the factors influencing the adoption and usage of Augmented Reality and Virtual Reality applications in tourism education within the context of COVID-19 pandemic. **Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education**, [s. l.], v. 30, p. 100373, 2022.

SMITS, Merlijn; STAAL, J Bart; VAN GOOR, Harry. Could Virtual Reality play a role in the rehabilitation after COVID-19 infection?. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. e000943, 2020.

SUTHERLAND, Ivan E. **A head-mounted three dimensional display**. In: SEMINAL GRAPHICS. New York, NY, USA: ACM, 1998. p. 295–302.

TAN, Yi; *et al.* Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry: A Systematic Review of Research and Applications. **Buildings**, [s. l.], v. 12, n. 10, p. 1529, 2022.

TANG, Jeff. **Beginning Google Glass Development**. Berkeley, CA: Apress, 2014.

TANG, Yuk Ming; HO, H.L. 3D Modeling and Computer Graphics in Virtual Reality. In: SOBOTA, Branislav; CVETKOVIĆ, Dragan (org.). **Mixed Reality and Three-Dimensional Computer Graphics**. [S. l.]: IntechOpen, 2020.

THE METAVERSE STANDARDS FORUM. **The metaverse standards forum**: where leading standards organizations and companies cooperate to foster interoperability standards for an open metaverse. [S. d.], Disponível em: <https://metaverse-standards.org/>.

WANG, C. Jason; NG, Chun Y.; BROOK, Robert H. Response to COVID-19 in Taiwan: Big Data Analytics, New Technology, and Proactive Testing. **JAMA**, [s. l.], v. 323, n. 14, p. 1341, 2020.



WHITELAW, Sera *et al.* Applications of digital technology in COVID-19 pandemic planning and response. **The Lancet Digital Health**, [s. l.], v. 2, n. 8, p. e435–e440, 2020.

NOTA

Os autores utilizaram a Inteligência Artificial Zotero 5.0, Latex (versão não identificada na plataforma), Grammarly (versão não identificada na plataforma) para gerenciar referências, correção e melhoria na tradução para o Inglês e correção gramatical do Word para o Português. No entanto, todas as buscas pelos conteúdos, classificação da qualidade dos artigos e pesquisas foram realizadas de maneira autoral.

Material recebido: 14 de novembro de 2024.

Material aprovado pelos pares: 14 de janeiro de 2025.

Material editado aprovado pelos autores: 05 de junho de 2025.

¹ Bacharel em Engenharia da Computação. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3521-8081>.

² Orientadora. Doutorado em Engenharia Elétrica (UFSC) e Pós-doutorado Computação (UFRGS). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4237-6589>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9999217523842385>.