

Estado da Arte sobre a Educação em Ambientes Imersivos do Metaverso

Title: State of the Art on Education in Immersive Metaverse Environments

Título: Estado del arte sobre la educación en entornos inmersivos del Metaverso

Erberson Evangelista Vieira
Instituto Federal da Paraíba
ORCID: [0009-0008-5059-5184](https://orcid.org/0009-0008-5059-5184)
erberson.vieira@ifpb.edu.br

Francisco Petrónio Alencar de Medeiros
Instituto Federal da Paraíba
ORCID: [0000-0003-2955-6785](https://orcid.org/0000-0003-2955-6785)
petronio@ifpb.edu.br

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma revisão sistemática da literatura (RSL) que investiga a educação no Metaverso. Este trabalho apresenta uma análise detalhada de 32 estudos que utilizaram ambientes imersivos do Metaverso no processo de ensino e aprendizagem em diferentes áreas de conhecimento com o propósito de entender os seus objetivos, os recursos tecnológicos envolvidos e as dificuldades e limitações encontradas. Entre os principais objetivos investigados nos trabalhos analisados se destacam os que estudam os fenômenos de presença e colaboração, bem como os que investigam estratégias de ensino em áreas do conhecimento cujas atividades práticas se apresentam como limitadores para o ensino a distância. Quanto às principais tecnologias de hardware empregadas, pouco mais de 41% dos trabalhos utilizam dispositivos HMD (Head-Mounted Display) nos testes ou ambientes desenvolvidos, enquanto que para 59% dos trabalhos tais dispositivos não eram compulsórios. As limitações e dificuldades identificadas são de ordem técnica, legal, de saúde e bem-estar, destacando-se o desconforto sentido por estudantes e professores no uso de dispositivos HMD, acesso à softwares proprietários e em constante evolução, e dificuldade de utilização e configuração de equipamentos e ambientes específicos. Quanto às oportunidades de investigação, sugerem-se pesquisas ou relatos de experiências que abordem o uso do Metaverso na educação de pessoas com deficiência; investigação e desenvolvimento de soft skills pelos estudantes nos ambientes virtuais imersivos, dado que foi reportado as oportunidades de interação e colaboração com pessoas de diferentes culturas e a possibilidade de resolução de tarefas complexas e criativas; e por fim, as possibilidades de pesquisas de Educação em Computação no Metaverso, desde a adaptação de ambientes virtuais até a criação de ambientes personalizados que possam se beneficiar da sensação de imersão como ferramentas de apoio às disciplinas que requerem a utilização de laboratórios e equipamentos físicos.

Palavras-Chave: *Metaverso; Educação; Revisão Sistemática da Literatura.*

Abstract

This article presents the results of a systematic literature review (SLR) that investigates education in the Metaverse. This work provides a detailed analysis of 32 studies that employed immersive Metaverse environments in teaching and learning across various knowledge areas, aiming to understand their objectives, the technological resources involved, and the difficulties and limitations encountered. The analyzed studies

Cite as: Vieira, E. E., & Medeiros, F. P. A. (2023). Estado da Arte sobre a Educação em Ambientes Imersivos do Metaverso. Revista Brasileira de Informática na Educação, 31, 1248-1269. <https://doi.org/10.5753/rbie.2023.3522>

Financiamento: Instituto Federal da Paraíba (IFPB), edital nº 16/2022 - Programa de Incentivo à Qualificação do Servidor do IFPB - PIQIFPB; As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão do IFPB.

primarily focus on investigating phenomena of presence and collaboration and exploring teaching strategies in knowledge areas where practical activities pose constraints for distance learning. Regarding the leading hardware technologies employed, slightly over 41% of the studies utilize Head-Mounted Display (HMD) devices in their tests or developed environments. In comparison, such devices were not mandatory for 59% of the studies. The identified limitations and difficulties encompass technical, legal, health, and well-being aspects. Notably, students and teachers expressed discomfort using HMD devices, accessing proprietary and constantly evolving software, and facing challenges in utilizing and configuring specific equipment and environments. As for research opportunities, it is suggested to investigate the use of the Metaverse in educating individuals with disabilities. Additionally, there is potential for exploring the development of soft skills by students in immersive virtual environments, considering the reported opportunities for interaction and collaboration with individuals from diverse cultures and the potential for solving complex and creative tasks. Lastly, there are possibilities for researching Computer Education in the Metaverse, ranging from adapting virtual environments to creating personalized environments that can leverage the immersive experience as supportive tools for disciplines requiring laboratories and physical equipment.

Keywords: *Metaverse; Metaverse; Systematic Literature Review.*

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una revisión sistemática de la literatura (RSL) sobre educación en el Metaverso. Se analizaron detalladamente 32 estudios que utilizaron entornos inmersivos del Metaverso en la enseñanza y aprendizaje en diferentes áreas del conocimiento, con el objetivo de comprender los objetivos, los recursos tecnológicos involucrados, las dificultades y limitaciones encontradas. Se destacaron estudios que investigaron los fenómenos de presencia y colaboración, así como estrategias de enseñanza en áreas donde las actividades prácticas limitan la educación a distancia. En relación al hardware utilizado, alrededor del 41% de los estudios emplearon dispositivos HMD (Head-Mounted Display) en las pruebas o en los entornos desarrollados, mientras que para el 59% de los estudios dichos dispositivos no eran obligatorios. Se identificaron limitaciones y dificultades de índole técnica, legal, de salud y bienestar. Se destacó el malestar experimentado por alumnos y profesores al utilizar dispositivos HMD, el acceso a software propietario en constante evolución y la dificultad para utilizar y configurar equipos y entornos específicos. En términos de oportunidades de investigación, se sugiere explorar el uso del Metaverso en la educación de personas con discapacidad, así como el desarrollo de habilidades blandas en entornos virtuales inmersivos, dado que se han reportado oportunidades de interacción y colaboración con personas de diferentes culturas y la posibilidad de llevar a cabo tareas complejas y creativas. También se mencionan las posibilidades de investigación en Educación en Informática en el Metaverso, desde la adaptación de entornos virtuales hasta la creación de entornos personalizados que aprovechen la sensación de inmersión como herramientas de apoyo para disciplinas que requieran el uso de laboratorios y equipos físicos.

Palabras clave: *Metaverso; Educación; Revisión Sistemática de la Literatura.*

1 Introdução

De acordo com Wagner et al. (2013), as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) têm ajudado a educação a buscar novas tecnologias que proporcionem aos alunos experiências de aprendizagem mais próximas ao mundo real, por meio de softwares desenvolvidos para ambientes específicos e ferramentas que ampliam os modos de aprendizagem atuais. Nesse contexto, a Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e a Realidade Mista (MR) têm ganhado destaque como tecnologias utilizadas para auxiliar nesse processo, com iniciativas agregadoras que culminam no Metaverso. O Metaverso não é algo novo, tendo surgido pela primeira vez em 1992 no romance de ficção científica *Snow Crash* de Neal Stephenson [Stephenson, 1992]. Ele se refere a um mundo onde o virtual e o real interagem e criam valor através de atividades sociais. Segundo López, Chaux e Alvarez (2022), o termo Metaverso combina "meta", que significa virtual, e "verso", que se refere ao mundo ou universo, e é definido como uma convergência entre a realidade física e virtual de forma persistente, na qual os usuários interagem em um ambiente virtual que pode ser imersivo ou não.

Conforme afirmado por Dwivedi et al. (2022), há um grande potencial para as organizações adaptarem seus modelos de negócios e capacidade operacional para operar no Metaverso, envolvendo áreas como marketing, turismo, lazer, hospitalidade, interação cidadão-governo, saúde, educação e redes sociais. Os autores destacam que há diferenças entre o conceito atual do Metaverso e a ideia anterior, sendo que o atual oferece maior imersão e alto desempenho, além de ser mais natural e baseado em dispositivos móveis, ao contrário do anterior, que era baseado em computadores pessoais. Park et al. (2022) sugerem que a utilização de *blockchain* e moedas virtuais estreita a ponte econômica entre o Metaverso e o mundo real, bem como a ponte social por meio de eventos com base na interação imersiva. De acordo com os autores, o Metaverso atual está mais alinhado à geração Z, onde as atividades online e offline coexistem de forma mais natural. Portanto, segundo os autores, é possível afirmar que o Metaverso é uma realidade cada vez mais presente e promissora, capaz de proporcionar novas experiências e oportunidades para as organizações e os indivíduos, tanto no mundo virtual quanto no mundo real.

De acordo com Tibúrcio et al. (2022), as representações gráficas e as formas de interação nos mundos virtuais permitem experiências que buscam se aproximar das relações humanas. Isso torna possível que novas tecnologias possam ser adotadas de modo mais massivo em diversos setores, como educação, saúde, entretenimento, entre outros. Entre as áreas mais impactadas pelo Metaverso no curto e médio prazo, segundo Dwivedi et al. (2022), está a educação. Embora o conceito e a taxonomia do Metaverso nos moldes de imersão com RV, RA ou MR sejam muito recentes, há na literatura trabalhos que relatam pesquisas envolvendo a utilização de Metaversos no processo de ensino-aprendizagem e os impactos da utilização desses ambientes imersivos no processo pedagógico, conforme aponta Park et al. (2022). Portanto, é possível afirmar que o Metaverso tem um grande potencial para ser utilizado como ferramenta pedagógica, permitindo a criação de ambientes virtuais que proporcionem experiências educacionais imersivas e enriquecedoras para os alunos, além disso esses ambientes virtuais imersivos podem ter a capacidade de proporcionar sensação de presença, fomentar a colaboração e garantir alta disponibilidade.

Como parte da metodologia de pesquisa de um Mestrado na área de Computação que visa investigar o uso do Metaverso no ensino de Engenharia e Computação, realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que abrangeu o período de 2012 a 2022, buscando estudos empíricos relacionados à utilização de ambientes virtuais imersivos na educação. De acordo com o protocolo definido, foram encontrados 516 artigos científicos, dos quais 32 se enquadraram no contexto de aplicação do Metaverso na educação e satisfizeram os critérios de inclusão da RSL.

Este artigo apresenta uma análise detalhada dos 32 estudos que utilizaram o Metaverso no processo de ensino e aprendizagem em diferentes áreas de conhecimento, com o propósito de entender os seus objetivos, as plataformas e os recursos tecnológicos envolvidos, bem como as dificuldades e limitações encontradas. Objetiva-se ainda a identificação de lacunas de pesquisa e de novas práticas pedagógicas em ambientes do Metaverso. É importante destacar que dos 516 artigos iniciais, vários foram publicados em conferências e periódicos da área de Ciência da Computação, mas foram excluídos da análise por não atenderem aos critérios de inclusão da RSL.

Este artigo está organizado em cinco seções, a saber: a seção 2 aborda os trabalhos relacionados. A seção 3 apresenta o protocolo de pesquisa utilizado e a execução do estudo de mapeamento sistemático. Na seção 4, são apresentados os resultados do nosso estudo de mapeamento, bem como as respostas às questões de pesquisa propostas. Por fim, na seção 5, concluímos o artigo com nossas observações finais.

2 Trabalhos relacionados

Durante a RSL, foram identificados estudos que abordaram mapeamentos ou revisões sistemáticas da literatura sobre a utilização do Metaverso na educação. Tlili et al. (2022) realizaram uma revisão sistemática sobre o uso do Metaverso na educação e, como parte de sua pesquisa, analisaram as áreas de formação dos estudos encontrados. A distribuição dos trabalhos por área de formação mostrou que dos 77 artigos incluídos, 6% abordavam a manutenção de aeronaves, 6% as ciências sociais, 9% negócios, administração e direito, 15% a educação em geral, 11% as artes e humanidades, enquanto 53% eram relacionados a ciências naturais, matemática e engenharia.

Durante a realização da RSL, foram encontradas revisões sistemáticas da literatura que exploraram o uso do Metaverso em áreas relacionadas à educação em saúde e enfermagem. Garavand e Aslani (2022) conduziram uma revisão sistemática sobre o Metaverso e o seu impacto na área da saúde, enquanto que Wu e Ho (2022) conduziram uma RSL sobre o Metaverso para educação em medicina de emergência, com foco em quatro domínios: educação, medicina pré-hospitalar e de desastres, aplicação de diagnóstico e tratamento e assuntos administrativos. Mackenzie et al. (2022), conduziram uma revisão com foco no uso do Metaverso em cirurgias de emergências, visando identificar novas interfaces que poderiam melhorar o treinamento de cirurgiões. Petrigna e Musumeci (2022) investigaram a conexão do Metaverso com prevenção, educação e treinamento em saúde. Por fim, ZHAO et al. (2022) realizaram uma revisão com o objetivo de obter *insights* sobre a aplicação da tecnologia de RV

no estudo da enfermagem. Cada uma dessas revisões apresentou resultados relevantes para a compreensão do uso do Metaverso em áreas da saúde e enfermagem.

Dentre os trabalhos relacionados identificados, todos do ano de 2022, destaca-se o alto grau de interesse que a temática do Metaverso tem recebido desde que as *big techs* e *startups* ampliaram a discussão e desenvolvimento de hardwares e softwares para o Metaverso. Cinco dos seis trabalhos relacionados revisaram sistematicamente a literatura com foco em trabalhos que envolviam o uso do Metaverso para a educação na área de saúde. Mesmo o trabalho de Tili et al. (2022), que conduziu uma RSL sobre o Metaverso na Educação, o tema foi tratado de forma mais ampla, incluindo todos os trabalhos que de alguma forma investigaram a relação do Metaverso com a Educação, o que difere deste trabalho, cujo principal critério de inclusão era que o trabalho abordasse o processo de ensino e aprendizagem no Metaverso, além de um ano a mais no alcance dos artigos analisados.

3 Método de Pesquisa

Para esta pesquisa, adotou-se a metodologia RSL. Conforme Kitchenham e Charters (2007), a RSL possibilita a identificação de lacunas nas pesquisas atuais sobre um determinado tema e sugere áreas adicionais a serem investigadas. Para a realização desta pesquisa, uma equipe composta por três integrantes executou três fases distintas: Planejamento, Construção e Resultados. As etapas correspondentes a cada fase podem ser visualizadas na Figura 1.

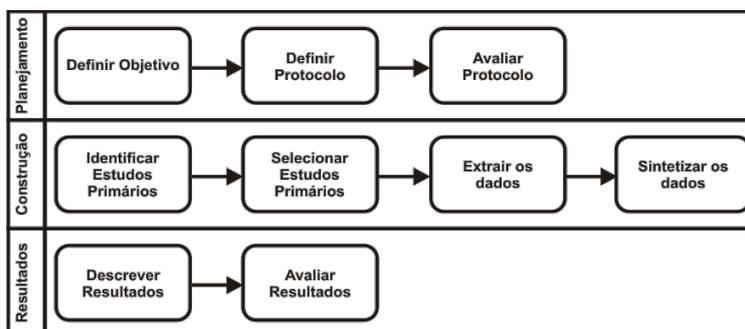


Figura 1: Fases da Revisão Sistemática da Literatura.

No planejamento, foram estabelecidos o objetivo e as questões de pesquisa, bem como definido o protocolo para a execução da RSL. Na fase de construção, a equipe realizou a seleção dos estudos e analisou as questões de pesquisa, além de sintetizar os dados coletados. Para isso, foi criada uma *string* de busca que foi utilizada em engines de busca de artigos científicos relevantes para a área, seguindo critérios de inclusão previamente estabelecidos. Na última fase, os resultados foram tabulados e classificados de acordo com a frequência de incidência das questões em cada artigo selecionado.

3.1 Objetivos e Questões de Pesquisa

O objetivo central deste trabalho consistiu em levantar o estado da arte dos últimos dez anos acerca da utilização do Metaverso na educação em diferentes áreas do conhecimento, bem como identificar as principais plataformas utilizadas, recursos tecnológicos, limitações e dificuldades encontradas. Para alcançar esse objetivo, foram elaboradas questões de pesquisa a

serem respondidas a partir da análise dos trabalhos incluídos na RSL: (Q1) Quais são as áreas de conhecimento que foram investigadas nos estudos sobre o processo de ensino e aprendizagem em ambientes do Metaverso? (Q2) Quais os principais objetivos dos trabalhos? (Q3) Quais recursos tecnológicos de software e hardware do Metaverso foram utilizados? (Q4) Quais as limitações e dificuldades encontradas pelos estudos primários?

3.2 Estratégia de Busca

Na elaboração da *string* de busca, foram identificados os constructos relevantes que deveriam estar presentes nos trabalhos pesquisados. Em seguida, foram identificados os termos alternativos dessas palavras-chave, visando aumentar a abrangência da busca e garantir a inclusão dos trabalhos relevantes para a temática estudada.

Tabela 1. String de busca.

<p>((<i>"education"</i> OR <i>"learning"</i> OR <i>"teaching"</i>) AND (<i>"metaverse"</i>))</p>
--

3.3. Critérios de Inclusão, Fontes de Busca, Extração e Sintetização

Para inclusão de um trabalho na pesquisa, foi determinada sua relevância em relação às questões de pesquisa considerando os critérios de inclusão, a saber: (i) artigos completos aos quais tivemos acesso pelo portal de periódicos da CAPES; (ii) artigos não duplicados; (iii) Artigos publicados entre 2012 e 2022; (iv) artigos em inglês ou português; (v) artigos que apresentam a plataforma de hardware ou software utilizada ou desenvolvida; (vii) artigos que apresentam como o Metaverso foi aplicado no processo de ensino-aprendizagem.

A coleta dos trabalhos foi realizada em outubro de 2022 em duas etapas: a busca nas fontes de dados digitais, entre os anos de 2012 e 2022, e a seleção dos trabalhos de acordo com os critérios de inclusão. A *string* de busca foi traduzida para a língua portuguesa a fim de conduzir as pesquisas na SOL (SBC *Online Library*). Foram extraídos 516 estudos a partir da *string* de busca, os quais foram indexados na plataforma Parsifal¹ e analisados para verificar sua relevância em relação às questões de pesquisa. Para identificar os 32 trabalhos relacionados à utilização do Metaverso no processo de ensino-aprendizagem, os pesquisadores leram o resumo, o título e as palavras-chaves dos estudos. Quando necessário, os artigos foram lidos na íntegra para decidir sobre sua inclusão ou não.

As bibliotecas digitais utilizadas na busca automatizada, resultando em um total de 516 artigos, foram *ACM Digital Library* (103), *IEEE Xplore Digital Library* (77), *SBC OpenLib* (3), *Science Direct* (21), *Scopus* (197) e *Wiley* (115). É importante ressaltar que os motores de busca disponíveis nessas bibliotecas digitais apresentam opções de parametrização que permitem o filtro mais detalhado dos trabalhos pesquisados. Na etapa de Extração e Sintetização de dados, os pesquisadores discutiram os resultados obtidos em reuniões. A lista completa de artigos incluídos pode ser encontrada no seguinte link: <https://tinyurl.com/buscaartigos>

Tabela 2. Quantidade de trabalhos encontrados, selecionados e incluídos.

¹ <https://parsif.al/>

Fontes	Artigos Encontrados	Incluídos (Metaverso no Processo de Ensino e Aprendizagem)
ACM	103	6
IEEE	77	10
SBC Online Library	3	0
Science Direct	21	0
Scopus	197	12
Wiley	115	4

4 Análise das Questões de Pesquisa

Esta seção tem como objetivo apresentar o mapeamento das evidências encontradas na pesquisa como resposta às quatro questões de pesquisa propostas.

(Q1) Quais são as áreas de conhecimento que foram investigadas nos estudos sobre o processo de ensino e aprendizagem em ambientes do Metaverso?

Considerando as áreas de aplicação do Metaverso na educação, dos 32 artigos selecionados, verificou-se que 21,9% dos estudos foram aplicados ao ensino de disciplinas de formação geral básica; 28,1% ao ensino de computação; 9,4% relacionados ao ensino sobre meio ambiente; 28,1% ao ensino de engenharia; 3,1% envolve o ensino de engenharia e computação; 3,1% ao ensino de *design* e arquitetura; 6,3% relacionados à medicina. A Figura 2 apresenta a quantidade de trabalhos por ano e por áreas e a proporção das respectivas plataformas utilizadas para criar os ambientes virtuais imersivos. É importante destacar que a maioria dos trabalhos se concentra no ano de 2022.



Figura 2: Quantidade de trabalhos por ano, área e plataformas utilizadas.

(Q2) Quais os principais objetivos dos trabalhos analisados?

A análise dessa questão demonstrou que, dentre os trinta e dois trabalhos analisados, vinte e oito exploraram a criação de ambientes virtuais para serem utilizados como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem.

Nunes et al. (2017) focaram em integrar um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) a um Mundo Virtual (MV), para o qual desenvolveram um ambiente virtual utilizando o *Open Simulator (OpenSim)* e integraram o Moodle por meio da ferramenta Sloodle. O ambiente virtual foi validado por meio de um estudo de caso em uma disciplina de Algoritmos e Programação em um curso de Engenharia da Computação, evidenciando a eficácia dos ambientes integrados na melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Díaz (2020) apresentou um mundo virtual como ferramenta digital de apoio pedagógico a alunos e professores da Faculdade de Engenharia de Sistemas na Universidade de Cundinamarca. O objetivo do trabalho foi demonstrar o potencial acadêmico na formação dos alunos e no desenvolvimento de novas aptidões e competências digitais pelos professores. O desenvolvimento do projeto do mundo virtual foi baseado na plataforma *OpenSim*, este ambiente virtual tinha como propósito facilitar aulas remotas ou virtuais, pois o professor poderia carregar recursos pedagógicos que poderiam ser consultados pelos alunos via web ou por dispositivo móvel tendo o mundo virtual sempre à mão.

Vallance (2013) propôs um ambiente 3D colaborativo com o objetivo de treinar os estudantes na programação de robôs para lidar com a recuperação de desastres nucleares. O autor foi motivado pelo desastre ocorrido em 2011 na usina nuclear de *Fukushima* e pelas dificuldades encontradas na sua recuperação. Ele criou um mundo virtual com uma réplica de uma usina nuclear, onde os estudantes do 6º ano no Reino Unido e de graduação do Japão desenvolveram robôs para seguir circuitos distintos de forma colaborativa. Os alunos do Reino Unido podiam manobrar o robô real por meio do mundo virtual criado no *OpenSim*. Para a realização das atividades de programação foram utilizados robôs LEGO. O estudo de Kanematsu et al. (2014) aplicou o Metaverso na educação STEM, usando a plataforma *Second Life* para criar um ambiente de sala de aula virtual para alunos do 5º e 6º anos do ensino fundamental. O objetivo foi abordar temas de radioatividade e segurança nuclear após o acidente em *Fukushima*. A combinação de aulas teóricas no Metaverso e experimentos práticos na sala de aula real foi considerada eficaz para a aprendizagem, de acordo com as respostas e reações dos alunos ao questionário aplicado após a experiência. No entanto, não foi realizada uma comparação dos resultados antes e depois da utilização do Metaverso.

Lee e Hwang (2022) adaptaram conteúdos de um livro didático digital de inglês para um ambiente de aprendizagem imersivo em 3D, usando as plataformas CoSpace Edu e Frame VR. O estudo incluiu 51 participantes, que criaram conteúdos complementares em Realidade Virtual. Os autores concluíram que a adaptação de conteúdos digitais em ambientes virtuais pode ser uma estratégia eficaz para tornar a aprendizagem mais envolvente e interativa, despertando o interesse dos alunos e melhorando o desempenho.

Barry et al. (2015) propuseram uma aula virtual de aprendizado baseado em problemas (ABP) por meio do Metaverso. Para superar a dificuldade de perceber as expressões e reações dos alunos no mundo virtual, os autores introduziram um sistema de piscar os olhos para os

avatares. Um ambiente virtual foi criado na plataforma *Second Life*, no qual três discentes resolveram problemas matemáticos e seus comportamentos de piscar os olhos foram registrados. Os resultados mostram que o sistema de piscar os olhos pode desempenhar um papel crítico na melhoria das aulas virtuais. Além disso, as possíveis aplicações deste trabalho não se restringem à ABP virtual, visto que o comportamento de piscar de olhos pode refletir situações psicológicas do usuário.

Crespo et al. (2013) desenvolveram um ambiente virtual na plataforma *OpenSim* e integraram o Moodle por meio da ferramenta Sloodle para ensinar Inteligência Artificial. O estudo investigou o uso de ferramentas virtuais em *e-learning*, incluindo a avaliação do desempenho do servidor dedicado ao sistema. Os autores concluíram que o ambiente virtual possibilitou uma maior cooperação entre professores e alunos, personalização do processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades colaborativas. O estudo sugere que a integração de ferramentas virtuais pode trazer diversos benefícios ao ensino-aprendizagem em ambientes virtuais.

Sebastien, Sebastien e Conruyt (2018) propuseram um ambiente de Realidade Virtual denominado Immex, que simula o campus virtual da *University de La Reunion*. O objetivo deste trabalho foi criar ambientes imersivos, utilizando a plataforma Unity, para proporcionar uma experiência em primeira pessoa ao usuário, como se estivesse no campus. Para avaliar o ambiente Metaverso, os autores aplicaram um questionário com estudantes de mestrado em Ciência da Computação e Ciências, os quais estavam envolvidos em uma atividade pedagógica de simulação e manuseio da plataforma Unity. A pesquisa avaliou questões como a facilidade de manuseio em ambientes imersivos 3D durante a atividade prática e o desejo de uso da plataforma. Os resultados obtidos foram satisfatórios.

Jeong, Choi e Ryu (2022) propuseram a criação de um campus virtual compartilhado entre 15 universidades consorciadas no Metaverso com o objetivo de superar a distância física entre as regiões e otimizar os recursos humanos e materiais. O estudo utilizou a plataforma VirBela e propôs um método de conexão com o Sistema de Gestão de Aprendizagem (LMS) das instituições participantes. O campus virtual incluiu diversos espaços, como salão de exposições e laboratórios de informática. A proposta do estudo é inovadora e pode ser uma solução eficiente para universidades que buscam melhorar o processo de ensino-aprendizagem em um ambiente virtual compartilhado

Lee, Sung e Kim (2022) compararam duas implementações de ambientes virtuais educacionais para aprimorar a experiência dos usuários: um estúdio de realidade estendida baseado em hardware e um ambiente virtual baseado em software utilizando a plataforma Zepeto. O objetivo foi aprimorar o processo de ensino-aprendizagem em Engenharia Industrial em um ambiente virtual compartilhado. Os autores concluíram que o uso do Metaverso baseado em software pode aumentar a participação ativa na aula, a imersão e interação dos alunos, além de estender o aprendizado tradicional, oferecendo experiências que de outra forma seriam difíceis de proporcionar, e que o estúdio baseado em hardware envolve um alto custo.

Deveaux e Bailenson (2022) apresentaram um estudo sobre as lições aprendidas com 263 alunos do curso *Virtual People* de *Stanford*, que reuniu estudantes de toda a Universidade

para aprender sobre as contribuições da Realidade Virtual em várias disciplinas. Utilizando as plataformas AltSpace VR e ENGAGE, e cada estudante com um *Head Mounted Display* (HMD) Oculus Quest 2, o curso foi ministrado quase inteiramente em RV devido à pandemia. O estudo concluiu que a RV pode ser uma ferramenta poderosa no ensino universitário, permitindo que os alunos tenham acesso a uma ampla variedade de recursos e experiências educacionais. Hedrick et al. (2022) desenvolveram um curso de *Design* de Experiência de Usuário (UX) em uma sala de aula virtual usando a plataforma *Horizon Workrooms* do Meta. Os alunos usaram o Oculus Quest 2 para trabalhar em equipe em diferentes áreas do UX, e a eficácia do curso foi avaliada em termos de habilidades técnicas adquiridas e satisfação dos alunos com a plataforma. O estudo concluiu que o uso da sala de aula virtual em RV resultou em maior engajamento e interação dos alunos, além de melhorias nas habilidades técnicas e satisfação com a plataforma.

Doma e Şener (2022) desenvolveram uma ferramenta de projeto arquitetônico em Realidade Virtual, a *Dreamscape Bricks VR*, que permite que *designers* traduzam suas ideias em produtos incorporados virtualmente, sem limitações. O ambiente virtual foi criado na plataforma Unreal Engine 4 e testado com 12 participantes usando o *headset* Oculus Rift CV1 VR. A ferramenta, que simula os elementos e regras de conexão dos tijolos físicos da LEGO, foi avaliada quanto à usabilidade, presença do usuário e conforto, com resultados positivos. A *Dreamscape Bricks VR* tem como objetivo investigar o potencial da Realidade Virtual para o design colaborativo em arquitetura. Os autores concluem que a Realidade Virtual tem o potencial de transformar a forma como os arquitetos projetam, constroem e vivenciam a arquitetura, tornando-se parte integrante da educação e treinamento de arquitetos.

O estudo de Wagner et al. (2013) apresenta um ambiente Metaverso desenvolvido com o objetivo de suporte aos alunos de cursos tecnológicos e profissionalizantes ministrados a distância por meio do programa PRONATEC e Sistema S. O ambiente foi desenvolvido utilizando a plataforma *OpenSim* e o Moodle foi integrado por meio do Sloodle. Embora não tenham apresentado práticas pedagógicas ou relatos de experiências dentro do Metaverso, os autores indicaram que o ambiente proposto está preparado para estratégias educacionais utilizando objetos de aprendizagem imersivos e que os estudantes podem acessar diversos espaços criados para interagir, tirar dúvidas e verificar conceitos dos cursos. Tarouco et al. (2013) buscou integrar um Objeto de Aprendizagem em um Metaverso para o ensino de cálculo em cursos de engenharia com o objetivo de criar um ambiente virtual imersivo e colaborativo. A integração do OA, denominado Ensino de Derivadas a Distância (E2D), foi avaliada e o ambiente virtual foi desenvolvido na plataforma *OpenSim*, com materiais instrucionais da *Khan Academy* e *scripts* em LSL (*Linden Script Language*) e OSSL (*OpenSim Scripting Language*). Embora a avaliação não tenha sido apresentada no trabalho, os autores acreditam que o Laboratório Virtual pode complementar o ensino presencial e à distância nos cursos de engenharia.

Vernaza, Armuelles e Ruiz (2012) criaram um Laboratório Virtual de Fundamentos de Eletrônica baseado em um Metaverso de software livre para o ensino de Eletrônica, utilizando a plataforma *OpenSim* e integrando o Moodle por meio do Sloodle. O mundo virtual contou com funcionalidades interativas e colaborativas, incluindo a interação com um circuito elétrico simples e simulações realistas. Os autores concluíram que a utilização de mundos virtuais e realidades híbridas é uma forma interessante de apoiar a sala de aula com novas

tecnologias, proporcionando aos alunos a oportunidade de assistir às aulas de onde estiverem, e de participar de uma aula virtual com elementos que são usados em uma sala real.

Schaf, Paladini e Pereira (2012) apresentaram o desenvolvimento de um protótipo denominado 3D AutoSyslab, que consiste em um ambiente Metaverso utilizado como interface social e colaborativa. Neste ambiente, experimentos reais ou simulados foram associados a objetos virtuais relacionados à Engenharia de Computação e Automação. Adicionalmente, foram exibidos Objetos de Aprendizagem (OAs) com mídias interativas que servem como guias de orientação para os usuários. O ambiente suporta *feedbacks* por meio de um sistema de tutoria autônomo, baseado na mineração de dados das interações dos usuários. Para a criação do ambiente virtual, foi utilizada a plataforma *OpenSim*, e o AVA Moodle foi integrado ao mundo virtual por meio da ferramenta Sloodle. O experimento virtual apresenta diversas aplicações e foi utilizado para ilustrar diversos cenários, desde conceitos de sistemas de automação até o ensino de linguagens de programação para controladores.

Franco et al. (2022) desenvolveram dois jogos sérios em Realidade Virtual para ensinar ciências da bateria. O jogo *Smart Grid* MR 2.0 simula uma cidade onde os alunos dirigem um veículo elétrico e interagem com a rede elétrica, enquanto o SIMUBAT 4.0 simula a produção de baterias de íons de sódio em um ambiente virtual. Ambos os jogos foram testados usando o HMD HTC Vive conectado a um computador. Os autores concluíram que o jogo *Smart Grid* MR 2.0 proporcionou uma imersão significativa e alta interação para os alunos, enquanto o SIMUBAT 4.0 pode ser usado como um ambiente colaborativo para técnicos, engenheiros, cientistas e alunos, embora os autores não tenham abordado a experiência de uso do ambiente por alunos.

Alsaleh et al. (2022) desenvolveram um gêmeo digital e uma estrutura de Realidade Virtual imersiva para laboratórios de engenharia e controle. O ambiente foi criado na plataforma Unreal Engine 4 e utilizado com HMD HTC Vive Pro Eye. Um estudo de caso, com a participação de 37 voluntários, com uma ponte rolante no ambiente virtual mostrou que a estrutura proposta melhorou significativamente a usabilidade do ambiente de laboratório simulado, permitindo maior interação e colaboração entre alunos e instrutores. Os autores acreditam que essa solução pode influenciar positivamente a capacidade dos alunos em experimentos virtuais práticos para obter um melhor controle e desempenho em objetos reais.

Alpala et al. (2022) desenvolveram um ambiente imersivo de fábrica digital para práticas colaborativas e comunicação em mundos virtuais 3D com Realidade Virtual e Metaverso. Utilizando a plataforma Unreal Engine 4 e acessado em HMDs Meta Quest 2 e Oculus Rift, os usuários podem acessar áreas complementares, tais como administração, serviços, vestiários, banheiros e áreas verdes e praticar no ambiente de produção oferecido virtualmente. Os autores destacam que a sensação de presença no ambiente imersivo 3D pode imergir o usuário na vivência da experiência de forma real, e que, com isso, os participantes podem ter um maior grau de processamento de informações nas tarefas que são realizadas durante a prática. O estudo conclui que o realismo 3D pode levar o usuário a pensar como se estivesse em um mundo real.

Makransky e Klingenberg (2022) utilizaram simulações imersivas em Realidade Virtual para o treinamento de segurança na indústria marítima, comparando com a abordagem

convencional. O ambiente virtual simulava a operação de atracação de uma embarcação e os participantes avaliaram o risco dinâmico durante a simulação da atracação. Foram realizados dois estudos, um piloto com alunos e um principal com profissionais da área, utilizando o HMD Oculus Quest e o ambiente desenvolvido no Unity. Os autores concluíram que a Realidade Virtual resultou em níveis significativamente altos de prazer, motivação, aprendizado percebido e mudança comportamental em comparação com a abordagem convencional, além de criar experiências de aprendizado em um ambiente seguro e ser uma maneira econômica de administrar treinamento padronizado em uma ampla gama de localizações geográficas.

Siyayev e Jo (2021) propuseram o uso de um Metaverso para treinamento em manutenção de aeronaves Boeing 737, utilizando manuais legados, modelos 3D e simuladores virtuais. O Metaverso é uma solução de baixo custo e escalável, substituindo a necessidade de aeronaves reais por uma aeronave virtual, que pode ser facilmente atualizada. O ambiente de treinamento foi desenvolvido na plataforma Unity e implantado em óculos inteligentes Microsoft HoloLens 2. Os autores concluem que o uso de Metaversos para treinamento em manutenção de aeronaves pode fornecer uma solução acessível para faculdades de aviação. Lee, Woo e Yu (2022) propuseram um sistema de ensino de manutenção de aeronaves que incorpora Realidade Virtual e Metaverso, desenvolvido na plataforma Unity e testado em HMDs HTC Vive Pro Eye e Oculus Rift S por 40 discentes voluntários. O sistema foi comparado com um método de treinamento por vídeo e foi avaliado através de testes de aquisição e retenção de conhecimentos, além da sensação de presença. Os autores concluem que o sistema proposto é mais eficaz e válido como ambiente educacional do que os métodos baseados em vídeos existentes.

Áreas relacionadas ao ensino e aprendizagem sobre meio ambiente estão cada vez mais se beneficiando da imersão proporcionada pelo Metaverso, como destacado por Yao, Zhang e Liu (2022) em sua pesquisa. Os autores desenvolveram o *Future Nature Virtual Botanical Garden*, um jardim botânico virtual interativo em 3D, na plataforma Unreal Engine 4, com o objetivo de conscientizar sobre o cuidado com as plantas e a proteção do meio ambiente. O sistema, baseado na teoria da compensação de Realidade Virtual, possui cinco áreas e permite que os usuários interajam com caixas de diálogo e colem sementes para plantar na área virtual. Segundo os autores, o sistema é jogável e imersivo, proporcionando uma melhor experiência para os usuários e contribuindo para a conscientização sobre questões ambientais.

Prada et al. (2015) desenvolveram um jogo no ambiente virtual *OpenSim* para promover a conscientização sobre questões agrícolas. O jogo aborda diferentes estilos de agricultura e seus impactos no meio ambiente, como o uso de fertilizantes, o desmatamento e o equilíbrio entre perspectivas ambientais e econômicas na produção de alimentos. Experimentos mostraram que o jogo melhorou o conhecimento dos jogadores sobre agricultura e aumentou a conscientização sobre o impacto ambiental da atividade agrícola. Os resultados demonstraram a eficácia do jogo em transmitir informações importantes e sensibilizar os jogadores para a necessidade de equilibrar os aspectos ambientais e econômicos na produção de alimentos de qualidade.

Khansulivong, Wicha e Temdee (2022) propõem o uso do Metaverso como uma alternativa ao ensino online tradicional para a aprendizagem agrícola. Eles desenvolveram um ambiente virtual imersivo com objetos 3D na plataforma Spatial.io e realizaram testes com 30

participantes, incluindo professores e alunos da área de tecnologia e agricultura. Os resultados indicaram que a experiência no Metaverso foi positiva e proporcionou *insights* para o desenvolvimento futuro. Os participantes destacaram a importância das interações no Metaverso, mas enfrentaram problemas relacionados a dispositivos limitados e habilidades de computação. Essa abordagem pode ser adaptada para outras áreas de aprendizado online e utilizada como uma ferramenta adicional para aprimorar o ensino.

Rodríguez, Dal Peraro e Abriata (2022) desenvolveram uma ferramenta Web que permite criar e visualizar moléculas em 3D para o ensino de química e biologia. A ferramenta suporta smartphones, tablets, computadores e HMDs, como o Oculus Quest 2, que permite a manipulação das moléculas no ambiente virtual. Ela oferece a possibilidade de criar atividades interativas sem a necessidade de conhecimentos prévios sobre AR, VR ou programação, utilizando dados atômicos do *Protein Data Bank* (PDB) ou objetos virtuais exportados do *Visual Molecular Dynamics* (VMD). Comparada a outras ferramentas, destaca-se a vasta biblioteca gráfica do VMD e a capacidade de exibir cenas *offline* com diferentes dados iniciais. Embora a ferramenta não permita alterações gráficas interativas, ela é considerada valiosa para o ensino de química e biologia, proporcionando uma experiência imersiva e interativa. Além disso, a capacidade de compartilhar o ambiente e interagir com objetos 3D em vários dispositivos a torna acessível a um amplo público de alunos e educadores.

Richardson-Hatcher, Hazzard e Ramirez Yanez (2014) desenvolveram o *Cranial Nerve Skywalk*, um ambiente imersivo no *Second Life* para auxiliar o ensino de anatomia. A ferramenta apresenta exibições 3D dos nervos cranianos III, V, VII e IX, com ênfase em acessibilidade, relações espaciais, uso de cores e potencial para estudo colaborativo. Alunos de odontologia, medicina e fisioterapia utilizaram o ambiente em aulas relacionadas à anatomia craniana, acessando-o por meio de computadores. Embora análises mais aprofundadas sejam necessárias para avaliar o impacto na aprendizagem e desempenho dos alunos, os comentários indicam que a ferramenta é útil para compreender as complexas vias dos nervos cranianos. Além disso, a interação imersiva entre os usuários permite que os alunos estudem os modelos anatômicos enquanto colaboram com seus colegas. Na mesma área de conhecimento, Ramesh et al. (2022) desenvolveram um repositório holográfico com modelos 3D de estruturas anatômicas oftalmológicas para melhorar as atividades pedagógicas e o aconselhamento de pacientes. O repositório foi criado usando softwares como Maya e Blender e avaliado por oftalmologistas para garantir sua precisão científica. O ambiente foi visualizado usando o HMD Microsoft HoloLens 2, permitindo interações como tocar, mover, girar e redimensionar os modelos para uma experiência imersiva. Os autores destacam a inovação dessa aplicação do Metaverso na oftalmologia e acreditam que ela pode elevar o ensino e o aconselhamento a um novo nível.

Jovanović and Milosavljević (2022) desenvolveram uma arquitetura e design de software para uma plataforma de Metaverso chamada VoRtex, projetada para oferecer suporte a atividades de aprendizado colaborativo em ambiente virtual. Os autores compararam a plataforma desenvolvida com outras duas plataformas já reconhecidas e com recursos semelhantes ao ambiente desenvolvido, Vircadia e Sansar. Além disso, avaliaram a experiência do usuário na plataforma VoRtex durante aulas sobre tecnologias VR e modelagem 3D. O ambiente foi desenvolvido com a plataforma Unity, o espaço criado continha mesa, cadeiras,

quadro-negro, projetores, painel de vídeo e apresentação, além do agente virtual que auxilia o professor durante as aulas.

Pope et al. (2022) buscaram avaliar a sensação de presença de alunos do ensino fundamental em um ambiente virtual baseado em vídeo 3D em tempo real, sem o uso de elementos puramente virtuais. Embora o conceito deste trabalho se diferencie um pouco do conceito atual do Metaverso, o objetivo da tecnologia proposta foi reproduzir uma representação holográfica de realidade mista ao vivo dos alunos e professores envolvidos nas atividades. Para alcançar este objetivo, foram utilizadas câmeras de vídeo, computadores e HMD Microsoft Hololens 2. O estudo piloto foi realizado com a participação de 14 alunos do ensino fundamental e seus professores, os quais relataram sentimentos de surpresa e empolgação, afirmando que a tecnologia permitiu a participação ativa nas atividades da aula, e que a sensação de proximidade física no ambiente imersivo é semelhante à interação face a face com o professor.

No estudo de Pigultong (2022), foram avaliados os efeitos cognitivos do uso de um Metaverso por alunos de graduação com acesso desigual aos recursos de aprendizagem. Um ambiente virtual foi integrado ao sistema de gestão de aprendizagem Moodle, e 105 alunos participaram do estudo, divididos em três grupos com diferentes níveis de acesso à internet: 32 alunos com wifi, 30 alunos com internet móvel 4G de alta velocidade e 43 alunos com internet móvel mais lenta. O Metaverso foi criado na plataforma Spatial e disponibilizado no Moodle. Após a realização de pré e pós-testes, os resultados revelaram diferenças significativas na pontuação cognitiva entre os grupos, com a maior diferença observada no grupo com acesso à internet móvel mais lenta.

Ao analisar as respostas a essa questão, observa-se que, além do uso do Metaverso como uma ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem, como mencionado anteriormente, as pesquisas visam avaliar dois aspectos comuns em ambientes de aprendizagem reais e também importantes em ambientes virtuais de aprendizagem: sensação de presença e colaboração. Conforme destacado por Alpala et al. (2022), esses aspectos têm o potencial de imergir o usuário na experiência virtual de forma semelhante à realidade. Além disso, trabalhos como o de Makransky (2022), que se baseiam nesses aspectos, também avaliam a eficácia dos ambientes virtuais imersivos em comparação com os métodos tradicionais de ensino por videoconferência, bem como a superação da distância física entre os participantes, confirmando que o uso da Realidade Virtual pode resultar em maior motivação e percepção de aprendizado, além de possibilitar a realização de um mesmo treinamento em diferentes localidades geográficas.

Vale ressaltar que alguns estudos têm como objetivo permitir que os alunos manipulem estruturas que seriam difíceis ou envolveriam um alto risco ou custo na vida real, como os trabalhos de Siyaev e Jo (2021) e Lee, Woo e Yu (2022) que envolvem a manutenção de aeronaves, ou ainda os estudos de Richardson Hatcher, Hazzard e Ramirez Yanez (2014) e Rodríguez, Dal Peraro e Abriata (2022), nos quais é possível interagir com modelos 3D de nervos cranianos ou moléculas, respectivamente. Esses aspectos e as possibilidades proporcionadas pela Realidade Virtual tornam o Metaverso uma alternativa para complementar as atividades pedagógicas, principalmente em cursos à distância e que envolvem atividades práticas.

(Q3) Quais os recursos tecnológicos de software e hardware foram utilizados?

Observa-se entre os estudos analisados que a escolha da plataforma para uso do Metaverso no processo de ensino-aprendizagem está relacionada à abordagem adotada. Para a criação de ambientes virtuais personalizados, algumas pesquisas utilizaram plataformas que permitem uma maior liberdade na criação de espaços 3D, como Unity, Unreal Engine e OpenSim. Por exemplo, Schaf, Paladini e Suenoni (2012) desenvolveram uma planta virtual que representa um sistema simples de engarramento, em que o foco foi o ensino de programação e controle.

Outros estudos se beneficiaram de ambientes virtuais pré-definidos, em que foi possível interagir e compartilhar recursos em RV. Hedrick et al. (2022), por exemplo, analisaram a viabilidade da plataforma *Horizon Workrooms* da META, que oferece um local para reuniões com quadro branco virtual, projetor e a opção de compartilhamento de conteúdos. Uma outra possibilidade identificada entre os estudos foi a utilização da WebXR, aplicativos web com suporte a RA, RV e MR. Rodríguez, Dal Peraro e Abriata (2022), por exemplo, desenvolveram uma ferramenta web na qual é possível criar e visualizar moléculas em 3D para educação em química e biologia, com a possibilidade de compartilhar o ambiente e interagir com objetos 3D.

A Figura 3 apresenta a quantidade de estudos por plataforma. Como os trabalhos analisados estavam inseridos no contexto de educação em diferentes disciplinas e níveis de ensino, prioritariamente ensino superior, as plataformas mais utilizadas foram OpenSim e Unity, o que demonstra o perfil de desenvolvimento e criação de imersões, não somente do seu uso.

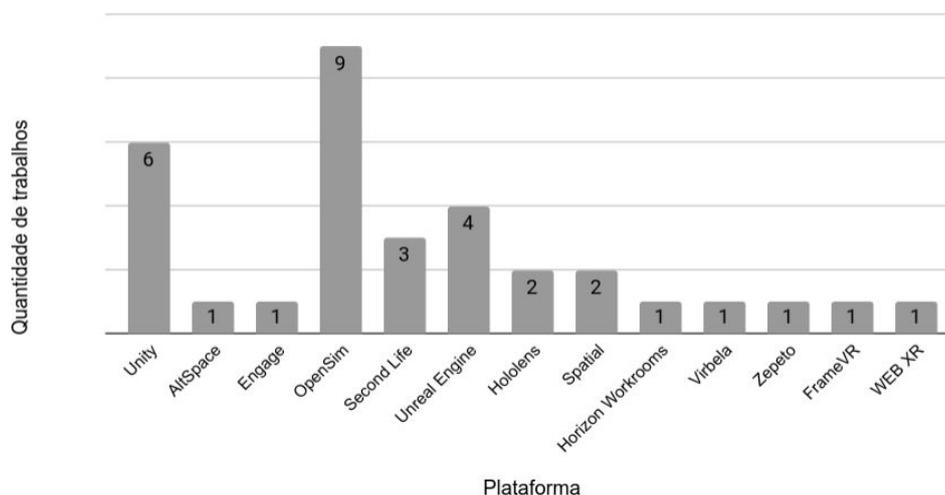


Figura 3: Quantidade de trabalhos por plataforma

Embora tenhamos analisado 32 trabalhos, a figura 3 apresenta um total de 33, pois Deveaux e Bailenson (2022) utilizaram as plataformas AltSpace VR e ENGAGE. No que diz respeito aos recursos de hardware utilizados pelos trabalhos analisados, treze abordaram o uso de HMDs para acessar as plataformas de Realidade Virtual. Esses estudos foram conduzidos por Franco et al. (2022); Makransky e Klingenberg (2022); Deveaux e Bailenson (2022); Pope et al. (2022); Hedrick et al. (2022); Siyaev e Jo (2021); Alsaleh et al. (2022); Doma e Şener (2022); Alpala et al. (2022); Lee e Hwang (2022); Lee, Woo e Yu (2022); Ramesh et al. (2022) e Rodríguez, Dal Peraro e Abriata (2022). Em Deveaux e Bailenson (2022), por exemplo, os

alunos do curso " *Virtual People*" da Universidade de *Stanford* utilizaram o Oculus Quest 2 para acessar os ambientes nos quais a Realidade Virtual foi utilizada para o ensino em diversas disciplinas. Hedrick et al. (2022) também utilizaram o Oculus Quest 2 para acessar o ambiente virtual *Horizon Workrooms* e medir o impacto dessa tecnologia na disciplina de UX do curso de Mídia Digital na Universidade do Vale de Utah. Siyaev e Jo (2021) utilizaram o Hololens, os óculos de Realidade Virtual da Microsoft, para acessar o Metaverso para treinamento e educação em manutenção de aeronaves do Boeing 737.

Nos demais trabalhos, o uso de dispositivos de RV para acessar as plataformas não era compulsório, havendo a possibilidade de a interação ser por meio de HMDs, mas também por meio do navegador Web em desktop ou dispositivos móveis. A utilização dos dispositivos HMD proporcionam um maior nível de imersão, porém o valor de aquisição dos equipamentos pode ser um limitador em relação ao uso da tecnologia. Logo, a utilização de computadores e dispositivos móveis ainda é um diferencial, proporcionando uma maior inclusão digital, no entanto os artigos analisados não apresentaram correlações entre os hardwares e softwares utilizados com o desempenho dos estudantes ou mesmo uma melhoria da experiência do usuário.

Esta pesquisa também buscou identificar se outros ambientes tecnológicos de aprendizagem foram utilizados em conjunto com os softwares e hardwares para criar o ambiente do Metaverso. Dos trinta e dois trabalhos analisados, sete citaram a utilização do AVA Moodle, a saber: Nunes et al. (2017), Pigultong (2022), Vernaza, Armuelles e Ruiz (2012), Wagner et al. (2013), Schaf, Paladini e Pereira (2012), Díaz (2020) e Crespo et al. (2013). Em Nunes et al. (2017), por exemplo, o AVA Moodle foi integrado ao mundo virtual desenvolvido na plataforma *OpenSim* por meio da ferramenta SLOODLE, que oferece uma ampla gama de ferramentas de apoio ao ensino e aprendizagem em ambientes imersivos. Este trabalho apresenta detalhadamente a utilização do SLOODLE para integração entre AVA e MV. Em Wagner et al. (2013) e Schaf, Paladini e Pereira (2012), os mundos virtuais também foram desenvolvidos por meio do *OpenSim*, e o SLOODLE foi utilizado para integrar o AVA Moodle.

(Q4) Quais as limitações e dificuldades encontradas?

Dos trinta e dois trabalhos analisados, quatorze não discutiram limitações ou dificuldades no processo de construção dos ambientes ou nos processos de ensino e aprendizagem utilizando o Metaverso, a saber: Franco et al. (2022); Yao, Zhang e Liu (2022); Prada et al. (2015); Pigultong (2022); Tarouco et al. (2013); Wagner et al. (2013); Schaf, Paladini e Pereira (2012); Jovanović e Milosavljević (2022); Vallance (2013); Siyaev e Jo (2021); Alsaleh et al. (2022); Kanematsu et al. (2014); Lee, Sung e Kim (2022) e Ramesh et al. (2022). Nos demais trabalhos, as limitações foram de ordem técnica, legal, de saúde ou bem-estar. Para Sebastien, Sebastien e Conruyt (2018), um dos desafios foi encontrar formas de enriquecer os dados compartilhados no ambiente virtual para que pudessem ser melhores representados no Metaverso. Deveaux e Bailenson (2022) relataram desconfortos, enjoos e mal-estar durante o uso prolongado de HMDs, o que foi contornado com a limitação do tempo de uso dos equipamentos. Jovanović e Milosavljević (2022) mencionaram que regulamentações, restrições legais, falta de conteúdos apropriados aos ambientes imersivos e o desinteresse de instituições educacionais convidadas dificultaram a manutenção da plataforma universitária compartilhada no Metaverso.

As plataformas de RV disponíveis vêm se desenvolvendo constantemente, como mencionado por Hedrick et al. (2022), que relataram a dificuldade enfrentada no início do projeto com a plataforma *Horizon Workrooms* devido às atualizações constantes. Os autores também reportaram casos de enjoo sentido por alguns alunos. Nunes et al. (2017) destacaram as dificuldades na implementação do ambiente do OpenSim, incluindo a necessidade de privilégio de administrador no ambiente Moodle e o processo oneroso de criação de uma sala virtual, dependendo dos elementos do Moodle incorporados. Além disso, os autores mencionaram a dificuldade dos professores em se familiarizar com o processo de disponibilização de materiais e com as distrações enfrentadas pelos discentes diante de uma grande quantidade de informações. Crespo et al. (2013) enfatizaram a dificuldade em operar as funcionalidades do Metaverso, especialmente em relação a problemas de conexão em salas virtuais com mais de 25 alunos. Por fim, Díaz (2020) também mencionou a dificuldade inicial dos professores em utilizar os recursos disponíveis no Metaverso.

Conforme evidenciado pelas análises realizadas, as limitações identificadas estão, em sua maioria, relacionadas às dificuldades de manuseio, desenvolvimento e configuração dos ambientes do Metaverso. Nenhum estudo mencionou quaisquer limitações ou dificuldades encontradas pelos professores e estudantes especificamente relacionadas às práticas pedagógicas em conteúdos e atividades das experiências educacionais. As questões como enjoos e desorientação são consideradas genéricas e foram relatadas em processos de aprendizagem em algumas áreas do conhecimento. Quatro trabalhos destacaram as dificuldades iniciais dos professores nas primeiras experiências de ensino no Metaverso. É importante considerar que ensinar ou trabalhar em um ambiente colaborativo e imersivo requer um tempo de adaptação, mesmo para professores e pesquisadores da área de Computação, conforme relatado por Park et al. (2022).

5 Conclusões

Percebeu-se, assim como no trabalho realizado por Tlili et al. (2022), que a quase totalidade dos estudos nesta RSL concentrou-se no ensino superior, visando aproveitar o potencial do Metaverso para superar as limitações e ineficiências do aprendizado tradicional presencial ou online com interações não exploratórias. Tlili et al. (2022) destacou a ausência de trabalhos de pesquisa ou relatos de experiências que abordam o uso do Metaverso na educação de pessoas com deficiência, ratificada pela Revisão Sistemática que originou este trabalho, que também não identificou trabalhos que reportassem questões de acessibilidade nos ambientes virtuais utilizados. Trata-se, portanto, de uma primeira oportunidade de pesquisas de Educação no Metaverso.

Ao comparar as tecnologias mencionadas por Tlili et al. (2022), observa-se nesta revisão sistemática um aumento no uso de motores de jogos, como o Unity e o Unreal Engine, para o desenvolvimento de ambientes virtuais, além da utilização de plataformas de Metaverso disponíveis na Web, como Spatial.io, Zepeto e Virbela. Tlili et al. (2022) propõem trabalhos futuros relacionados à aplicação de *lifelogging* na educação no Metaverso, a possibilidade de uso de dispositivos IoT conectados ao ambiente virtual para interagir com o mundo real, além de reforçar a necessidade de pesquisas envolvendo pessoas com deficiência. Além dessas

valiosas contribuições apresentadas pelos autores, acrescentamos como outra oportunidade de investigação o desenvolvimento de *soft skills* pelos alunos nos ambientes virtuais imersivos, dado que foi reportado por alguns trabalhos as oportunidades de interação e colaboração com pessoas de diferentes origens e culturas, a resolução de tarefas complexas e criativas.

A complexidade dos ambientes virtuais e as dificuldades enfrentadas pelos professores em utilizar o Metaverso foram algumas das limitações encontradas nos estudos analisados, como em Nunes et al. (2017) e Díaz (2020). Portanto, sugere-se a investigação de metodologias e ferramentas para medir a eficácia da aprendizagem no Metaverso, bem como investigar as necessidades de formação dos professores para o uso efetivo do Metaverso na educação. Esta RSL confirma também que, embora haja estudos relacionados ao uso do Metaverso na educação, ainda são incipientes os estudos que abordam a utilização de ambientes virtuais imersivos no ensino de disciplinas de Computação. Portanto, há muitas possibilidades de pesquisas nesta área, desde a adaptação de ambientes virtuais imersivos existentes até a criação de ambientes virtuais personalizados para serem utilizados em cursos à distância, híbridos ou mesmo presenciais.

As práticas pedagógicas para o ensino de Computação discutidas nos artigos são ainda superficiais. Percebe-se claramente trabalhos de experimentação de ambientes existentes, integração de ambientes imersivos do Metaverso com AVAs e identificação das dificuldades inerentes ao uso do Metaverso na educação. Em relação às disciplinas de Computação que foram objetos dos trabalhos analisados, observou-se que a maioria se refere ao aprendizado de RV e programação. Segundo Alpala et al. (2022), a sensação de presença no ambiente imersivo do Metaverso pode imergir o usuário na vivência da experiência de forma real, e com isso os participantes podem ter um maior grau de processamento de informações nas tarefas que são realizadas durante a prática. Logo, o ensino de Computação pode se beneficiar da sensação de imersão por meio do desenvolvimento de ambientes virtuais imersivos como ferramenta de apoio às disciplinas que requerem a utilização de laboratórios e equipamentos físicos, como Redes de Computadores, por exemplo.

O estudo de Richardson-Hatcher, Hazzard e Ramirez Yanez (2014) aborda uma preocupação pertinente relacionada à carga cognitiva dos alunos em ambientes virtuais. Os pesquisadores aplicaram os princípios da teoria da carga cognitiva no design do ambiente virtual para aprimorar sua utilização. Portanto, é crucial examinar as implicações psicológicas do uso desses ambientes imersivos na educação, levando em consideração a substancial carga cognitiva à qual tanto alunos quanto professores estão expostos. Por fim, é necessário um maior investimento em pesquisas que visem a criação de ambientes virtuais imersivos mais acessíveis e personalizados para a área de Computação, bem como o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais aprofundadas que utilizem de forma efetiva os recursos desses ambientes virtuais para o ensino e aprendizado de conteúdos e disciplinas de Computação.

Referências

Alpala, Luis Omar et al. (2022) “Smart factory using virtual reality and online multi-user: Towards a metaverse for experimental frameworks” Applied Sciences, v. 12, n. 12, p. 6258. doi: [10.3390/app12126258](https://doi.org/10.3390/app12126258). [GS Search]

- Alsaleh, Saleh et al. (2022) “ReImagine Lab: Bridging the Gap Between Hands-On, Virtual and Remote Control Engineering Laboratories Using Digital Twins and Extended Reality” *Ieee Access*, v. 10, p. 89924-89943. doi: [10.1109/ACCESS.2022.3199371](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3199371). [[GS Search](#)]
- Barry, Dana M. et al. (2015) “Evaluation for students’ learning manner using eye blinking system in Metaverse” *Procedia computer science*, v. 60, p. 1195-1204. doi: [10.1016/j.procs.2015.08.18](https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.18). [[GS Search](#)]
- Crespo, Rubén González et al. (2013) “Use of ARIMA mathematical analysis to model the implementation of expert system courses by means of free software OpenSim and Sloodle platforms in virtual university campuses” *Expert systems with applications*, v. 40, n. 18, p. 7381-7390. doi: [10.1016/j.eswa.2013.06.054](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.06.054). [[GS Search](#)]
- Deveaux, Cyan; Bailenson, Jeremy. (2022) “Learning about VR in VR” *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, v. 29, n. 1, p. 14-19. doi: [10.1145/3558189](https://doi.org/10.1145/3558189). [[GS Search](#)]
- Díaz, Jairo. (2020) “Virtual world as a complement to hybrid and mobile learning” *International journal of emerging technologies in learning (IJET)*, v. 15, n. 22, p. 267-274. doi: [10.3991/ijet.v15i22.14393](https://doi.org/10.3991/ijet.v15i22.14393). [[GS Search](#)]
- Doma, Oğuz Orkun; Şener, Sinan Mert. (2022) “Dreamscape Bricks VR: An Experimental Virtual Reality Tool for Architectural Design” *Interaction Design and Architecture (s)*, v. 52, p. 234-258. doi: [10.55612/s-5002-052-013](https://doi.org/10.55612/s-5002-052-013). [[GS Search](#)]
- Dwivedi, Yogesh K. et al. (2022) “Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy” *International Journal of Information Management*, v. 66, p. 102542. doi: [10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542). [[GS Search](#)]
- Franco, Alejandro A. et al. (2022) “From Battery Manufacturing to Smart Grids: Towards a Metaverse for the Energy Sciences” *Batteries & Supercaps*, v. 6, n. 1, p. e202200369. doi: [10.1002/batt.202200369](https://doi.org/10.1002/batt.202200369). [[GS Search](#)]
- Garavand, Ali; Aslani, Nasim. (2022) “Metaverse phenomenon and its impact on health: A scoping review” *Informatics in Medicine Unlocked*, p. 101029. doi: [10.1016/j.imu.2022.101029](https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.101029). [[GS Search](#)]
- Hedrick, Emily et al. (2022) “Teaching & learning in virtual reality: Metaverse classroom exploration” In: *2022 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC)*. IEEE, p. 1-5. doi: [10.1109/IETC54973.2022.9796765](https://doi.org/10.1109/IETC54973.2022.9796765). [[GS Search](#)]
- Jeong, Yuseon; Choi, Seonan; Ryu, Jeeheon. (2022) “Work-in-progress—Design of LMS for the shared campus in metaverse learning environment” *8th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*. IEEE, p. 1-3. doi: [10.23919/iLRN55037.2022.9815909](https://doi.org/10.23919/iLRN55037.2022.9815909). [[GS Search](#)]
- Jovanović, Aleksandar; Milosavljević, Aleksandar. (2022) “VoRtex Metaverse platform for gamified collaborative learning” *Electronics*, v. 11, n. 3, p. 317. doi: [10.3390/electronics11030317](https://doi.org/10.3390/electronics11030317). [[GS Search](#)]

- Kanematsu, Hideyuki et al. (2014) “Virtual STEM class for nuclear safety education in metaverse” *Procedia computer science*, v. 35, p. 1255-1261. doi: [10.1016/j.procs.2014.08.224](https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.224). [[GS Search](#)]
- Khansulivong, Chithtisack; Wicha, Santichai; Temdee, Punnarumol. (2022) “Adaptive of New Technology for Agriculture Online Learning by Metaverse: A Case Study in Faculty of Agriculture, National University of Laos” 2022 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON). IEEE, p. 428-432. doi: [10.1109/ECTIDAMTNCN53731.2022.9720366](https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCN53731.2022.9720366). [[GS Search](#)]
- Kitchenham, B., & Charters, S. M. (2007) “Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering” EBSE 2007-001. Keele University and Durham University Joint Report. Disponível em [[Link](#)] [[GS Search](#)]
- Lee, HyeJin; Hwang, Yohan. (2022) “Technology-enhanced education through VR-making and metaverse-linking to foster teacher readiness and sustainable learning” *Sustainability*, v. 14, n. 8, p. 4786. doi: [10.3390/su14084786](https://doi.org/10.3390/su14084786). [[GS Search](#)]
- Lee, I.; Sung, Y. M.; Kim, T. (2022) “The Expanding Role of Metaverse Platform in College Education” *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, p. 1037-1044. doi: [10.24507/icicelb.13.10.1037](https://doi.org/10.24507/icicelb.13.10.1037) [[GS Search](#)]
- Lee, Hyeonju; Woo, Donghyun; YU, Sunjin. (2022) “Virtual reality metaverse system supplementing remote education methods: Based on aircraft maintenance simulation” *Applied Sciences*, v. 12, n. 5, p. 2667. doi: [10.3390/app12052667](https://doi.org/10.3390/app12052667). [[GS Search](#)]
- López, Gustavo Alberto Moreno; Chaux, Hernando Recaman; Alvarez, Ferney A. Chica.(2022) “The University in the Metaverse. Proposal of application scenarios and roadmap model” In: 2022 Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (XV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference). IEEE, p. 1-9. doi: [10.1109/TAEE54169.2022.9840630](https://doi.org/10.1109/TAEE54169.2022.9840630). [[GS Search](#)]
- Mackenzie, Colin F. et al. (2022) “Virtual reality and haptic interfaces for civilian and military open trauma surgery training: A systematic review” *Injury*. doi: [10.1016/j.injury.2022.08.003](https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.08.003). [[GS Search](#)]
- Makransky, Guido; Klingenberg, Sara. (2022) “Virtual reality enhances safety training in the maritime industry: An organizational training experiment with a non-WEIRD sample” *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 38, n. 4, p. 1127-1140. doi: [10.1111/jcal.12670](https://doi.org/10.1111/jcal.12670). [[GS Search](#)]
- Meta. (2022) “Conecte 2021: Nuestra Visión del Metaverso” 2022. Disponível em: [[Link](#)], Fevereiro.
- Nunes, Felipe B. et al.(2017) “A dynamic approach for teaching algorithms: Integrating immersive environments and virtual learning environments” *Computer Applications in Engineering Education*, v. 25, n. 5, p. 732-751, 2017. doi: [10.1002/cae.21833](https://doi.org/10.1002/cae.21833). [[GS Search](#)]

- Park, S. M., & Kim, Y. G. (2022). “A Metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges”. *Ieee Access*, 10, 4209-4251. doi: [10.1109/ACCESS.2021.3140175](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175). [[GS Search](#)]
- Petrigna, Luca; Musumeci, Giuseppe. (2022) “The metaverse: A new challenge for the healthcare system: A scoping review” *Journal of functional morphology and kinesiology*, v. 7, n. 3, p. 63. doi: [10.3390/jfmk7030063](https://doi.org/10.3390/jfmk7030063). [[GS Search](#)]
- Pigultong, Metee. (2022) “Cognitive impacts of using a metaverse embedded on learning management system for students with unequal access to learning resources.” 10th International conference on information and education technology (ICIET). IEEE, p. 27-31. doi: [10.1109/ICIET55102.2022.9779045](https://doi.org/10.1109/ICIET55102.2022.9779045). [[GS Search](#)]
- Pope, Nicolas et al. (2022) “Remote Presence: Live Holograms for a Social Classroom” *ACM International Conference on Interactive Media Experiences*, p. 249-252. doi: [10.1145/3505284.3532821](https://doi.org/10.1145/3505284.3532821). [[GS Search](#)]
- Prada, Rui et al. (2015) “AgriVillage: A game to foster awareness of the environmental impact of agriculture” *Computers in Entertainment (CIE)*, v. 12, n. 2, p. 1-18. doi: [10.1145/2701657.2633417](https://doi.org/10.1145/2701657.2633417). [[GS Search](#)]
- Ramesh, Prasanna V. et al. (2022) “Holographic elysium of a 4D ophthalmic anatomical and pathological metaverse with extended reality/mixed reality” *Indian Journal of Ophthalmology*, v. 70, n. 8, p. 3116-3121. doi: [10.4103/ijo.IJO_120_22](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_120_22). [[GS Search](#)]
- Richardson.Hatcher, April; Hazzard, Matthew; Ramirez.Yanez, German. (2014) “The cranial nerve skywalk: A 3D tutorial of cranial nerves in a virtual platform” *Anatomical sciences education*, v. 7, n. 6, p. 469-478. doi: [10.1002/ase.1445](https://doi.org/10.1002/ase.1445). [[GS Search](#)]
- Rodríguez, Fabio Cortés; Dal Peraro, Matteo; Abriata, Luciano A. (2022) “Online tools to easily build virtual molecular models for display in augmented and virtual reality on the web” *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, v. 114, p. 108164. doi: [10.1016/j.jmgm.2022.108164](https://doi.org/10.1016/j.jmgm.2022.108164). [[GS Search](#)]
- Schaf, Frederico Menine; Paladini, Suenoni; Pereira, Carlos Eduardo. (2012) “3D AutoSysLab prototype-a social, immersive and mixed reality approach for collaborative learning environments” *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, v. 2, n. 2, p. 15-22. doi: [10.3991/ijep.v2i2.2083](https://doi.org/10.3991/ijep.v2i2.2083). [[GS Search](#)]
- Sebastien, Didier; Sebastien, Olivier; Conruyt, Noel. (2018) “Providing services through online immersive real-time mirror-worlds: The Immex Program for delivering services in another way at university” In: *Proceedings of the Virtual Reality International Conference-Laval Virtual*. p. 1-7. doi: [10.1145/3234253.3234292](https://doi.org/10.1145/3234253.3234292). [[GS Search](#)]
- SiyaeV, Aziz; Jo, Geun-Sik. (2021) “Neuro-symbolic speech understanding in aircraft maintenance metaverse” *IEEE Access*, v. 9, p. 154484-154499. doi: [10.1109/ACCESS.2021.3128616](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3128616). [[GS Search](#)]
- Stephenson, Neal. (2003) “Snow crash: A novel” *Spectra*.

- Tarouco, Liane et al. (2013) “Virtual laboratory for teaching Calculus: An immersive experience” 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). IEEE, p. 774-781. doi: [10.1109/EduCon.2013.6530195](https://doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530195). [[GS Search](#)]
- Tibúrcio, Flávia et al. (2022) “O futuro do digital está na conexão com o real: Metaverso e suas implicações sociais e tecnológicas” In: Anais do III Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade. SBC, p. 76-84. doi: [10.5753/wics.2022.222830](https://doi.org/10.5753/wics.2022.222830). [[GS Search](#)]
- Tlili, Ahmed et al. (2022) “Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis” Smart Learning Environments, v. 9, n. 1, p. 1-31. doi: [10.1186/s40561-022-00205-x](https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x). [[GS Search](#)]
- Vallance, Michael. (2013) “The affect of collaboratively programming robots in a 3D virtual simulation” In: 2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). IEEE, p. 245-246. doi: [10.1109/HRI.2013.6483593](https://doi.org/10.1109/HRI.2013.6483593). [[GS Search](#)]
- Vernaza, Ariel; Armuelles, V. Ivan; Ruiz, Isaac. (2012) “Towards to an open and interoperable virtual learning enviroment using Metaverse at University of Panama” Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE), p. 320-325. doi: [10.1109/TAEE.2012.6235458](https://doi.org/10.1109/TAEE.2012.6235458). [[GS Search](#)]
- Wagner, Rosana et al. (2013) “Using 3D virtual learning environments in new perspective of education” In: 2013 12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET). IEEE, p. 1-6. doi: [10.1109/ITHET.2013.6671019](https://doi.org/10.1109/ITHET.2013.6671019). [[GS Search](#)]
- Wu, Tzu-Chi; Ho, Chien-Ta Bruce. (2022) “A scoping review of metaverse in emergency medicine” Australasian emergency care. 26.1 (2023): 75-83. doi: [10.1016/j.auec.2022.08.002](https://doi.org/10.1016/j.auec.2022.08.002) [[GS Search](#)]
- Yao, Rui; Zhang, Wanqi; Liu, Huaqun. (2022) “Design and Implementation of Real-Time 3d Interactive System Based on Unreal Engine” Proceedings of the 8th International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies, p. 30-36. doi: [10.1145/3545922.3545928](https://doi.org/10.1145/3545922.3545928). [[GS Search](#)]
- Zhao, Junqiang et al. (2022) “Systematic bibliometric analysis of research hotspots and trends on the application of virtual reality in nursing” Frontiers in Public Health, v. 10, p. 906715. doi: [10.3389/fpubh.2022.906715](https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.906715). [[GS Search](#)]