

Benchmark para a análise de ambientes imersivos de aprendizagem colaborativa

Benchmark for the Analysis of Immersive Collaborative Learning Environments

Samara da Silva Brito¹, Francisco Petrônio Alencar de Medeiros²

¹Instituto Federal da Paraíba (IFPB) - Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe, João Pessoa - PB

brito.samara@academico.ifpb.edu.br, petronio@ifpb.edu.br

Resumo. Este benchmark analisa sistematicamente ambientes virtuais imersivos (realidade virtual) e não imersivos (computador), no contexto da pesquisa “Uma análise das dimensões cognitivas e sociais no processo de aprendizagem imersiva”. A avaliação de 34 ambientes revelou: 17 multiplataforma, 24 com acesso público, 23 ambientes de aprendizagem, três descontinuadas ou vendidas, 23 são multiplayer, 26 com interação tátil virtual e sete atendem todos os critérios. Selecionaram-se o jogo educativo Escape Simulator e o ambiente aprendizagem com propósitos específicos NetVerse Edu, para os experimentos da referida pesquisa. Conclui-se que o benchmark é um método eficaz para orientar o uso pedagógico e investigativo dessas tecnologias na educação.

Palavras-chave: *benchmark, ambiente imersivo de aprendizagem, realidade virtual*

Abstract. *This benchmark systematically analyzes immersive (virtual reality) and non-immersive (computer-based) virtual environments within the context of the research project “An Analysis of the Cognitive and Social Dimensions in the Immersive Learning Process.” The evaluation of 34 environments showed: 17 are multiplatform, 24 offer public access, 23 are learning environments, three have been discontinued or sold, 23 support multiplayer features, 26 include virtual tactile interaction, and seven meet all criteria. The educational game Escape Simulator and the purpose-specific learning environment NetVerse Edu were selected for the experimental phase of the study. The benchmark proves to be an effective method for guiding the pedagogical and investigative use of these technologies in education.*

Keywords: *benchmark, immersive learning environment, virtual reality*

Recebido em dezembro de 2024 • Aceito em maio de 2025 • Editora responsável: Gabriela T. Perry

1. Introdução

A aprendizagem online tem buscado superar limitações tradicionais, promovendo maior autonomia do aprendiz e respondendo às transformações sociais da chamada Era do Conhecimento, marcada pelo valor social e econômico do saber. Apesar do avanço tecnológico, ainda são incipientes as mudanças qualitativas na forma como concebemos e praticamos o ensino e a aprendizagem — processo que permanece em estágio inicial, mesmo diante do potencial transformador da Internet (Harasim, 2017). Diante deste cenário, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) têm desempenhado um papel estratégico ao facilitar o compartilhamento do conhecimento por meio de materiais didáticos e recursos midiáticos, consolidando-se como a principal tecnologia de suporte à educação a distância e aos modelos híbridos de ensino (Alves, Medeiros e Melo 2020 apud Santos et al., 2021).

A pandemia da COVID-19, ao exigir o distanciamento social, acelerou a integração de tecnologias imersivas de simulação na educação à distância (Allam et al., 2022). Essa medida foi adotada como uma alternativa para superar desafios psicológicos-educacionais, promovendo maior atenção, motivação e interação para aprendizes de diferentes faixas etárias (Lopez, Chaux e Alvarez, 2022). Especificamente, os ambientes imersivos, acessados por meio da realidade virtual (VR), oferecem uma plataforma tridimensional (3D) que possibilita interações e aprendizado com pessoas, ambientes e objetos (Daşdemir, 2022). Além disso, esses ambientes persistentes favorecem a interação social e econômica dentro de espaços virtuais (Ritterbusch e Teichmann, 2023). Embora os artigos avaliados no mapeamento sistemático de Brito e Medeiros (2024) tenham reforçado a eficiência e a eficácia desses ambientes para a educação, não foram identificados estudos que realizassem uma análise comparativa entre as plataformas de suporte à aprendizagem.

Alves, Medeiros e Melo (2020) destacam que as características observáveis dos ambientes virtuais podem ser decisivas para a concorrência da escola ou exclusão de uma ferramenta para pesquisa ou uso educacional (Santos et al., 2021). Nessa perspectiva, o benchmark é definido como um método científico para analisar classes, organizar e avaliar conhecimento, medindo o desempenho de aplicações, produtos e processos em diversas áreas, incluindo a tecnologia (Almeida, 2013 apud Santos et al., 2021). Huynh-Cam et al. (2021) acrescentam que o benchmark constitui um método eficaz para o aprimoramento da gestão educacional, da inovação pedagógica e da qualidade do ensino à distância no ensino superior.

No âmbito do estudo futuro conduzido pelos mesmos autores, intitulado “Uma análise das dimensões cognitivas e sociais no processo de aprendizagem imersiva”, o presente benchmark tem como objetivo sistematizar, classificar e comparar ambientes virtuais imersivos e não imersivos voltados à aprendizagem colaborativa. A proposta inclui a identificação e seleção de um jogo educativo e de um ambiente de aprendizagem com propósito específico para compor a fase experimental da investigação, ambos acessíveis por meio de tecnologias de realidade virtual e dispositivos bidimensionais, como computadores. Esses ambientes são definidos como cenário para futuras análises de atenção visual, de carga cognitiva e de colaboração entre os participantes durante a execução das atividades propostas. Fundamentada

na teoria cognitiva e no sócio-construtivismo, a abordagem adotada examina características em que esses ambientes podem promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, permitindo comparar ambientes imersivos aos não imersivos no processo de aprendizagem.

Com base no levantamento dos ambientes imersivos e não imersivos, foram selecionados 34 ambientes virtuais para o benchmark, classificados por critérios como disponibilidade ao público, nível de imersão (ou não imersão), potencial de promover aprendizagem, interação tátil virtual e colaboração entre participantes. Essa categorização tem como propósito orientar a escolha dos ambientes mais adequados para o experimento vinculado a este benchmark. Além disso, este trabalho visa fornecer subsídios metodológicos para pesquisadores e educadores interessados em integrar tecnologias imersivas a práticas pedagógicas, com potencial de promover aprendizagem ativa, interação tátil e trabalho em equipe.

2. Trabalhos relacionados

A revisão “E-Learning Benchmarking in Higher Education” revela que o benchmark é uma ferramenta valiosa para mensurar desempenho institucional, eficiência de cursos, práticas pedagógicas e experiências dos alunos. Apesar dos métodos variarem entre estudos, os autores recomendam a definição clara de metas, a escolha de indicadores relevantes e comparáveis, e a coleta sistemática de dados sobre desempenho. O estudo conclui que o benchmark pode fortalecer a gestão educacional, apoiar a inovação pedagógica e melhorar a qualidade da oferta de ensino a distância (Huynh-Cam et al., 2021).

Conforme descrito por Almeida (2013, apud Santos et al., 2021), as metodologias de Melhoria Contínua de Qualidade (MCQ) utilizam o benchmark como um método para aplicar um paradigma científico, permitindo estruturar, organizar e manipular o conhecimento de um campo específico para avaliar produtos, serviços e processos de trabalho. Esse método tem sido adotado em diversas áreas, incluindo a Ciência da Computação, para analisar classes e mensurar o desempenho de aplicações.

Diante disso, o artigo de Santos et al. (2021) empregou o benchmark devido à necessidade de encontrar uma plataforma ou motor para o desenvolvimento de um chatbot com propósito específico. Os autores analisaram 43 cenários voltados para a criação de chatbots na educação, uma tecnologia que tem se tornado cada vez mais relevante nas instituições acadêmicas para apoiar alunos e professores, especialmente com o crescimento do ensino à distância. Com base nas classes de problemas identificadas, determinaram que o Rasa NLU era a opção mais adequada para essa situação. O estudo corroborou que a abordagem do benchmark pode impulsionar o avanço do conhecimento sobre ferramentas por meio de comparações que facilitam a tomada de decisões.

Dessa forma, o benchmark possibilita a seleção precisa de um jogo educativo baseado em aprendizagem ativa, bem como de uma plataforma com propósito específico, abrangendo tanto ambientes imersivos quanto não

imersivos. Isso agrega valor ao estudo proposto ao viabilizar uma escolha fundamentada e estratégica das ferramentas tecnológicas mais adequadas, considerando suas características e seu alinhamento com os objetivos da pesquisa.

3. Método

O método deste estudo consiste no benchmark de ambientes imersivos e não imersivos de aprendizagem para selecionar ambientes para os experimentos. Conforme descrito por Santos et al. (2021), o processo de benchmark é estruturado em cinco fases: Competitor Survey (análise dos competidores); Definition of Classes (definição das classes ou categorias); Problem Analysis (investigação do problema); Details of the Problem Classes (detalhamento das categorias); Analysis and Comparison (comparação e análise). Neste trabalho serão consideradas as fases Competitor Survey, Definition of Classes, Details of the Problem Classes e Analysis and Comparison.

O presente benchmark integra a pesquisa intitulada “Uma Análise das Dimensões Cognitivas e Sociais no Processo de Aprendizagem Imersiva”, cujo objetivo é investigar como ambientes imersivos e não imersivos influenciam o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais em contextos educacionais. Por se tratar de uma comparação entre plataformas imersivas e não imersivas de aprendizagem, foram definidas duas categorias de ambientes de aprendizagem: um jogo educativo, utilizado de forma mais independente como apoio a um tópico específico da disciplina, e uma plataforma de aprendizado com propósito específico, integrada ao currículo do curso/disciplina. Ambos os tipos de ambiente devem ser acessíveis por meio de óculos de realidade virtual e computador ou dispositivo 2D. A análise concentra-se nas capacidades técnicas, usabilidade e compatibilidade desses ambientes com os processos de aprendizagem, visando identificar características que possam potencializar os resultados educacionais.

Na seção “Análise de competidores”, será descrito o processo de busca das plataformas candidatas, que foram essencialmente identificadas em artigos científicos e em sites de busca ou de jogos. Em seguida, a seção “Definição das classes” apresentará as categorias necessárias para classificar os ambientes, sejam eles imersivos ou não, como recursos tecnológicos aplicáveis à educação. A terceira seção “Detalhamento das classes de problema” oferecerá uma análise detalhada de cada uma dessas classes. Finalmente, na última seção “Resultados e discussões”, focado em análises e comparações, serão apresentados os resultados a partir do cruzamento das informações, com a classificação de todos os ambientes encontrados conforme as categorias estabelecidas. O estudo não incluiu a fase de “Problem Analysis (Investigação de problema)”, conforme proposta metodológica de Santos et al. (2021), pois se trata de uma continuação do trabalho de Brito e Medeiros (2024), além de estar vinculada à pesquisa futura “Uma análise das dimensões cognitivas e sociais no processo de aprendizagem imersiva” dos mesmos autores, na qual a análise do problema já foi previamente desenvolvida. Assim, o presente trabalho dá prosseguimento à investigação, concentrando-se nas demais fases do benchmark.

3.1 Análise de competidores

A fase de levantamento dos concorrentes iniciou-se com a definição de duas principais fontes de busca para ambientes imersivos e não imersivos. Na primeira etapa, foram coletados dados a partir de trabalhos relacionados, extraídos do mapeamento sistemático de Brito e Medeiros (2024), além de estudos relevantes sobre realidade virtual e ambientes imersivos realizadas em indexadores como IEEE, Scopus, ACM, Science Direct e Wiley.

Após a análise dos artigos, o mapeamento sobre ambientes imersivos no processo de aprendizagem não identificou nenhum trabalho específico de benchmark que proporcionasse um conhecimento sobre as plataformas disponíveis. No entanto, foram encontrados artigos que desenvolveram ou utilizaram plataformas existentes no mercado, com o objetivo de promover maior aprendizagem e colaboração (Brito e Medeiros, 2024). Dentre os ambientes citados nos artigos, temos o estudo de Han, Tu e Huang (2023) que desenvolveu o Edu-Metaverse, a integração do Moodle com o Opensim Virtual World por Nunes et al. (2017); Pigultong (2022) utilizou o space.oi; Zhao, Zhao e Wan (2022) propuseram a tutoria inteligente PLSEM, Hwang (2023) fez uso do Frame VR, Franco Loup-Escande et al. (2023) adotaram o Smart Grid MR; Zhang et al. (2023) usaram o Virbela; Quintana e Fernández (2015) projetaram a ilha TYMMI; Lo e Tsai (2022) construíram o VRAM; Danylec et al. (2022) desenvolveram o Driver Training Framework e Garcia et al. (2023) criaram o Miles Virtual World.

Na segunda etapa, além dos ambientes identificados nos artigos científicos candidatos à seleção, conforme os pré-requisitos estabelecidos pelo benchmark, foram realizadas buscas em sites de pesquisa e em sites especializados em jogos e plataformas virtuais. O levantamento feito no Google resultou na identificação de ambientes educacionais, como o VictoryXR e o Education XR. A busca foi estendida a sites de jogos como Meta Store e Steam, dos quais alguns eram direcionados à educação, mas nenhum tinha propósito específico. Ambientes como Spatial e VRChat podem ser adaptados para o ensino, permitindo a inclusão de arquivos de texto, vídeos e objetos 3D, criando experiências para diversas atividades educacionais.

Após essa etapa de levantamento dos concorrentes em ambientes imersivos e não imersivos, será realizada a definição das classes fundamentais dessa tecnologia no contexto do processo de aprendizagem.

3.2 Definição das classes

As características observáveis dos ambientes virtuais são fundamentais para a escolha ou exclusão de uma ferramenta em uma pesquisa ou para seu uso educacional (Santos *et al.*, 2021). A definição das classes é guiada pela necessidade de obter um panorama abrangente do contexto estudado e categorizá-las adequadamente para permitir um estudo comparativo entre os elementos analisados, considerando que nem todas as categorias estarão presentes em cada cenário.

Brito e Medeiros (2024), no estudo “Desafios e oportunidades do metaverso na Educação: uma análise das funções cognitivas e implicações pedagógicas”, usaram mapeamento sistemático para investigar o potencial dos

ambientes imersivos na promoção de funções cognitivas, interação social e construção de conhecimento. No mesmo ano, os autores analisam e comparam níveis de atenção, carga cognitiva e presença social em ambientes imersivos e não imersivos de aprendizagem, aprofundando o tema. O estudo é orientado pela seguinte questão: os ambientes colaborativos de aprendizagem imersiva, com realidade virtual, conseguem reduzir a carga cognitiva, intensificar a atenção e aumentar a colaboração em atividades compartilhadas em comparação com ambientes não imersivos em computador ou dispositivo 2D? Para responder a essa pergunta, foram definidas métricas relacionadas às dimensões cognitivas e sociais, como: disponibilidade (se é acessível ou não ao público), modo de acesso (imersivo com realidade virtual ou não imersivo com computador ou dispositivo 2D), capacidade de promover a aprendizagem, interação tátil virtual e colaboração (envolvendo integrantes que trabalham juntos para alcançar objetivos ou resolver problemas).

Com base nessas métricas, a próxima seção traz uma análise detalhada das classes estabelecidas, destacando suas características e relevância no contexto educacional.

3.3 Detalhamento das classes de problema

As classes foram definidas a partir do desafio de obter conhecimento sobre os ambientes imersivos e não imersivos de aprendizagem, com o objetivo de identificar aqueles que apresentam menos limitações para aplicação e com mais recursos que possam expandir as possibilidades de ensino. O primeiro aspecto considerado foi a disponibilidade, levando em conta se o ambiente foi descontinuado ou se não é acessível ao público.

A pesquisa também possibilitou a divisão das classes em ambientes imersivos e não imersivos, buscando assegurar que as plataformas desenvolvidas fossem acessíveis tanto por VR quanto em computadores ou dispositivos 2D, garantindo maior facilidade de acesso e abrangência do público. Outro aspecto relevante é o nível de interação tátil virtual, que possibilita ao usuário manipular objetos 3D, incluindo ações como pegar, segurar, rotacionar e soltar. Por fim, destaca-se a importância de ser um espaço colaborativo, ou seja, um ambiente que permita a participação de dois ou mais usuários, possibilitando a colaboração para a solução de um problema ou atividade em comum. O Quadro 1 apresenta todas as classes definidas e seus respectivos detalhes.

Quadro 1: Detalhamento das classes de problema

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
Disponível ao público	Disponibilidade reduzida de ambientes imersivos voltados à aprendizagem (Barbosa, Silva, Gasparini, Darin e Barbosa, 2021), agravada por descontinuidade financeira e restrições institucionais que bloqueiam ou excluem o acesso.
Imersivo	O ambiente imersivo é acessado por óculos <i>Head-mounted display</i> que oferece alto nível de presença através de interfaces sensoriais, motoras e sensório-motoras (Dincelli e Yayla, 2022).
Não imersivo	O ambiente não imersivo é a tecnologia acessada por meio de um computador ou dispositivo 2D (Dincelli e Yayla, 2022).
Ambiente virtual de aprendizagem	Ambientes imersivos de aprendizagem melhoram a experiência do usuário, elevando atenção, percepção e memória, com eficácia comparável ou superior a outros recursos educativos (Brito; Medeiros, 2024).
Interação tátil virtual (manipulação do objeto 3D)	O reconhecimento e/ou a manipulação de objetos na visão tridimensional em RV melhoraram o desempenho em exercícios e atividades (Lee; Hwang, 2022).
Suporta trabalho colaborativo	A conectividade e a interatividade no ambiente imersivo viabilizam o compartilhamento de informações com rapidez, facilidade e eficiência, utilizando-se de ferramentas de colaboração como bate-papo, compartilhamento de arquivos, ferramentas de trabalho colaborativo e outras (Ye; Wang, 2022).

Fonte: Dados da pesquisa

O detalhamento das classes de problema possibilita a realização de um estudo comparativo e uma análise aprofundada dos ambientes imersivos e não imersivos voltados para o processo de aprendizagem disponíveis no mercado. Essa investigação é fundamental, pois fornece uma visão abrangente dos resultados, permitindo um entendimento mais claro do panorama atual desses ambientes. A seção “Resultados e discussões” evidenciará as implicações e nuances identificadas ao longo da análise.

4. Resultados e discussões

Após a realização do *benchmark* dos ambientes de aprendizagem disponíveis nas versões imersiva e não imersiva, com foco na experiência *multi-player* para atividades conjuntas em plataformas de aprendizagem de propósito específico ou em jogos educacionais, foi possível identificar os ambientes que contemplaram as classes de problemas, consideradas as mais pertinentes para a educação. A Tabela 1 apresenta uma síntese dos ambientes imersivos.

sivos e não imersivos com base em sua disponibilidade, categorizados como ambientes virtuais de aprendizagem, interação tátil virtual e colaboração.

Tabela 1. Benchmark para análise de ambientes imersivos e não imersivos com propósito de aprendizagem colaborativa

NOME DAS PLATAFORMAS	DISPONÍVEL AO PÚBLICO	IMERSIVO	NÃO IMERSIVO	AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	INTERAÇÃO TÁTIL VIRTUAL	SUPOORTA TRABALHO COLABORATIVO
3D Organon XR	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
AltspaceVR*	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Brink Traveler	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Buzz Aldrin: Cycling Pathways to Mars	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Driver Training Framework	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Edu-Metaverse	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Education XR	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Escape Simulator	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Frame VR	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Futuclass Education	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Meta Horizon Worlds	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Metaverso FTD	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Metaverse learning	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Miles Virtual World	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Mozilla Hubs*	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
NASA's Exoplanet Excursions	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
NetVerse Edu	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Noun Town VR	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Opensimulator	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim
Paradiddle	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
PLSEM	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Roblox	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Smart Grid MR	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Spatial	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Subnautica	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Tipagem sanguínea - Telesapiens	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
TYMMI - Second Life *	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Vermilion - VR Painting	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
VictoryXR	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Virbela	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim
VirtualSpeech	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
VRAM	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim
VR Chat	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
VR Drive School	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados da pesquisa revelaram um total de 25 ambientes acessíveis ao público, conforme a análise do estado da arte e de buscas na internet. Entre eles, destacam-se: 3D Organon XR, Brink Traveler, Buzz Aldrin, Edu-Metaverse, Education XV, Escape Simulator, Frame VR, Futuclass Education, Meta Horizon Worlds, Metaverso FTD, Metaverse learning, NASA's Exoplanet Excursions, Netverse Edu, Noun Town VR, Paradiddle, Roblox, Spatial, Subnautica, Tipagem sanguínea - Telesapiens, Vermilion - VR Painting, VictoryXR, Virbela, VirtualSpeech, VR Chat e VR Drive School. Dependendo do tipo de cadastro, os usuários podem acessar diferentes recursos, incluindo benefícios exclusivos para certas categorias. Dos ambientes virtuais analisados, três ambientes foram marcados com asterisco, indicando que foram descontinuados ou vendidos, e, portanto, não estão mais disponíveis em formato imersivo ou não imersivo. É importante ressaltar que atualizações sobre essas remoções não foram buscadas, pois estavam fora do escopo deste benchmark.

A continuidade do estudo revelou a presença de 17 ambientes multi-plataforma (imersivo e não imersivo), o que evidencia o investimento no desenvolvimento de ambientes virtuais diversificados. Esses ambientes incluem: AltspaceVR, Escape Simulator, Frame VR, Metaverso FTD, Metaverse learning, Miles Virtual World, Mozilla Hubs, NetVerse Edu, Roblox, Spatial, Subnautica, Tipagem sanguínea - Telesapiens, VictoryXR, Virbela, VirtualSpeech, VR Chat e VR Drive School. Esse número reflete o esforço contínuo em tornar as tecnologias mais versáteis, visando superar barreiras tecnológicas e otimizar experiências. Além disso, esses ambientes permitem a integra-

ção simultânea de diferentes tecnologias dentro de uma única aplicação, em tempo real, o que contribui para ultrapassar limitações e expandir a acessibilidade para um público mais amplo. Essa sinergia tecnológica não apenas melhora a usabilidade, mas também democratiza o acesso, possibilitando que mais pessoas se beneficiem das inovações.

A pesquisa constatou que 23 plataformas disponibilizam salas dedicadas ao compartilhamento de conhecimento teórico e à realização de atividades práticas, com metodologias ativas e sócio-construtivistas de aprendizagem. Entre os ambientes estudados, incluem-se: 3D Organon XR, Brink Traveler, Buzz Aldrin, Driver Training Framework, Edu-Metaverse, Education XV, Escape Simulator, Frame VR, Futuclass Education, Metaverse learning, Miles Virtual World, NASA's Exoplanet Excursions, NetVerse Edu, Noun Town VR, Paradiddle, PLSEM, Smart Grid MR, Tipagem sanguínea - Telesapiens, Vermilion - VR Painting, VictoryXR, VirtualSpeech, VRAM e VR Drive School. A integração entre teoria e prática fortalece a compreensão dos conteúdos e estimula habilidades cognitivas, como atenção e percepção (Brito; Medeiros, 2024). Nas plataformas educativas focadas em aprendizagem ativa e em ambientes com objetivos específicos, os usuários são incentivados a resolver desafios para avançar nas fases e/ou aprofundar o conhecimento em determinados temas. Essas salas oferecem recursos variados — jogos interativos, textos, quizzes, puzzles e atividades complementares — proporcionando desafios lúdicos e envolventes.

Os dados revelam o interesse e a capacidade de promover atividades colaborativas por meio de tecnologias inovadoras, fundamentais para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. Os 23 ambientes que viabilizam a colaboração foram: AltspaceVR, Edu-Metaverse, Education XV, Escape Simulator, Frame VR, Meta Horizon Worlds, Metaverse learning, Miles Virtual World, Mozilla Hubs, NetVerse Edu, Paradiddle, PLSEM, Roblox, Smart Grid MR, Spatial, TYMMI - Second Life, Vermilion - VR Painting, VictoryXR, Virbela, VirtualSpeech, VRAM e VR Chat. Dentre essas 23 plataformas, algumas oferecem funcionalidades multiplayer com capacidade para número ilimitado de participantes simultâneos. A navegação livre, combinada com a comunicação e as atividades conjuntas, garantem a colaboração em ambientes imersivos e não imersivos. Tais ambientes incentivam a interação social, a troca de conhecimento e o aprendizado mútuo, ampliando o engajamento e facilitando a integração da teoria com atividades práticas. Nesse contexto, a aprendizagem mediada pela tecnologia configura-se como um processo que integra dimensões biológicas, psicológicas e sociais, valorizando a subjetividade e o papel ativo do aprendiz (Leentjens e Smith, 2023), fundamentando-se no discurso interativo e na colaboração entre estudantes e docentes, elementos essenciais para a construção coletiva e significativa do conhecimento (Harasim, 2017).

Além disso, 26 ambientes possuem objetos 3D que simulam objetos reais, permitindo visualização e manipulação, o que contribui para a compreensão e solução das atividades propostas. Entre esses ambientes incluem-se: 3D Organon XR, AltspaceVR, Brink Traveler, Driver Training Framework, Education XV, Escape Simulator, Frame VR, Futuclass Education, Meta Horizon Worlds, Metaverse learning, Miles Virtual World, Mozilla Hubs, NetVerse Edu, Noun Town VR, Paradiddle, PLSEM, Roblox, Smart Grid MR, Spatial, Subnau-

tica, Tipagem sanguínea - Telesapiens, TYMMI - Second Life, Vermilion - VR Painting, VictoryXR, VR Chat e VR Drive School. Os elementos gráficos metafóricos, funcionando de modo semelhante ao mundo físico, facilitam a comunicação e a interação social em ambientes 3D, intensificando a sensação de presença e a colaboração, enriquecendo a imersão e o aprendizado dos usuários. Cabe aos designers criar experiências virtuais que possibilitem aos usuários incorporar-se aos ambientes digitais de forma relacional e significativa, permitindo que seus corpos físicos atuem e sejam afetados pelo mundo virtual, construindo sentidos por meio da interação, do toque e da atenção dirigida (Dourish, 2001 apud Desnoyers-Stewart, Antle & Riecke, 2025).

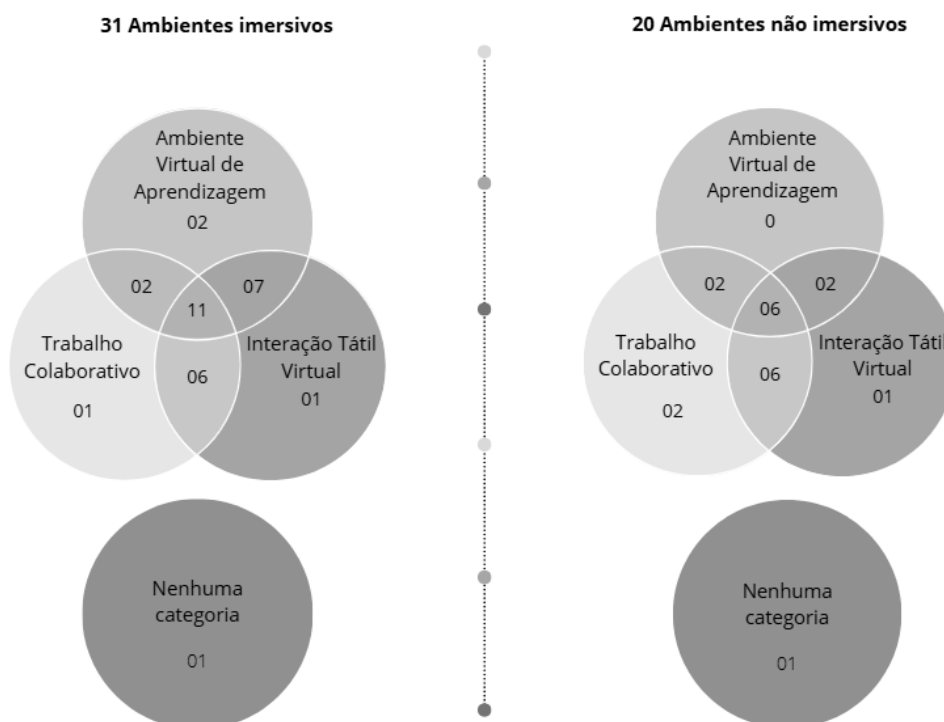
Entre os ambientes analisados no benchmark, sete contemplaram todas as classes: Escape Simulator, FrameVR, Metaverso Learning, Miles Virtual World, Netverse Edu, Telesapiens e VictoryXR. Esses ambientes variam quanto ao modelo de acesso (público ou privado), ambientação, métodos de aprendizagem e limite de usuários, e cada um possui um objetivo específico. Por exemplo, o Escape Simulator é focado em desafios e raciocínio lógico em um formato de jogo de fuga; FrameVR permite criar ambientes personalizados para reuniões e interações sociais; Metaverso Learning dedica-se a experiências educacionais; Miles Virtual World foca em experiências voltadas para crianças; NetVerse Edu simula um laboratório para o ensino de redes de computadores; Telesapiens é voltado para a educação médica, com simulações práticas; e VictoryXR abrange uma ampla variedade de tópicos educacionais. A versatilidade dessas plataformas ressalta sua capacidade de adaptação a diferentes objetivos pedagógicos e públicos-alvo. Essa diversidade foi determinante na seleção dos ambientes mais adequados para experimentos específicos.

O *benchmark* buscou selecionar um jogo educacional e uma plataforma de propósito específico que atendesse aos parâmetros analisados, visando a realização de experimentos para investigar atenção, carga cognitiva e colaboração. Foram escolhidos o *Escape Simulator* e o *NetVerse Edu*. O primeiro, um jogo do gênero *escape room*, utiliza aprendizagem ativa para abordar temas interdisciplinares, estimulando a resolução de enigmas por meio de interpretação, experimentação e lógica. Fundamentadas no construtivismo, essas atividades promovem colaboração prática e reflexiva, favorecendo a autonomia no aprendizado (Prince, 2004 apud López-Pernas, Gordillo, Barra e Quemada, 2019). Já o *NetVerse Edu*, voltado ao ensino de redes de computadores, combina teoria e práticas interativas, como jogos e *quizzes*. Baseada no sócio-construtivismo de Piaget e Vygotsky, a plataforma incentiva a construção ativa do conhecimento por meio da interação com o ambiente e o grupo. Ambas as abordagens desenvolvem habilidades como trabalho em equipe, liderança e pensamento criativo, além de aumentar o engajamento e o aprendizado (López-Pernas *et al.*, 2019).

A análise dos ambientes selecionados revela padrões significativos, como mostrado na Imagem 1, que compara a distribuição de 31 ambientes imersivos e 20 não imersivos em categorias como “Ambiente Virtual de Aprendizagem”, “Trabalho Colaborativo” e “Interação Tátil Virtual”. Nos ambientes imersivos, destaca-se uma maior concentração na interseção das três categorias, com 11 ambientes que combinam todas as funcionalidades (aprendizagem, colaboração e interação tátil); sete ambientes com a combinação

de “Ambiente Virtual de Aprendizagem” com “Interação Tátil Virtual”; e seis ambientes que integram a “Interação Tátil Virtual” e o “Trabalho Colaborativo”. Entre os ambientes não imersivos, os maiores resultados foram da interseção total contendo seis ambientes e a combinação entre “Interação Tátil Virtual” e o “Trabalho Colaborativo” com, também, seis ambientes. Em ambas as distribuições, apenas um ambiente em cada tipo (imersivo e não imersivo) não se enquadra em nenhuma das categorias especificadas, evidenciando a predominância de ambientes que buscam oferecer funcionalidades integradas e abrangentes.

Figura 1. Diagrama de Venn ilustrando a quantidade de ambientes imersivos e não imersivos classificados conforme as categorias analisadas



Fonte: Dados da pesquisa

Embora este benchmark tenha sido criterioso na seleção e categorização de plataformas imersivas e não imersivas, algumas restrições devem ser consideradas. A principal limitação diz respeito à ausência do acompanhamento de atualizações contínuas sobre a disponibilidade das plataformas, o que pode impactar a validade de alguns dados a longo prazo. Além disso, o levantamento se concentrou em ambientes com acesso público ou acadêmico, o que exclui plataformas corporativas restritas que poderiam apresentar recursos relevantes. A diversidade de objetivos das plataformas também torna a comparação mais desafiadora, já que nem todas foram projetadas com foco educacional. A análise não incluiu avaliações práticas com usuários finais, limitando-se a uma abordagem descritiva e classificatória.

Em síntese, o benchmark realizado sistematizou informações sobre ambientes imersivos e não imersivos, gerando conhecimento que pode orientar futuras pesquisas e práticas pedagógicas. O estudo revelou uma diversidade de ambientes virtuais educacionais acessíveis ao público, com foco

em experiências multiplataforma que promovem aprendizado interativo e colaborativo. Muitos desses ambientes oferecem recursos como objetos 3D para simulação realista e atividades práticas que integram teoria e prática, ampliando o engajamento e o desenvolvimento de habilidades dos usuários. Alguns ambientes se destacam por abrangerem todas as funcionalidades essenciais, incluindo aprendizado, colaboração e interação tátil, mostrando-se versáteis para atender a diferentes objetivos educacionais e públicos. É válido ressaltar que esses ambientes podem ser aprimorados com atualizações de recursos e ferramentas ao longo do tempo. A comparação entre ambientes imersivos e não imersivos evidencia a tendência de criar espaços educacionais adaptáveis às demandas contemporâneas.

5. Conclusão

A presente pesquisa sistematizou e integrou informações provenientes do estado da arte e do mercado, oferecendo um panorama abrangente atualizado sobre jogos educacionais e plataformas de aprendizagem com propósitos específicos. Essa análise permitiu identificar as principais características dos ambientes avaliados, como acessibilidade, modos de uso imersivo e não imersivo, capacidade de estimular a aprendizagem, interação virtual tátil tridimensional e suporte para colaboração. Os resultados possibilitaram uma comparação entre os diversos ambientes imersivos e não imersivos, destacando aqueles com maior capacidade de enriquecer o processo educativo. A partir deste estudo, conduzido pelos mesmos autores, foi possível selecionar, para a pesquisa experimental futura intitulada “Uma Análise das Dimensões Cognitivas e Sociais no Processo de Aprendizagem Imersiva”, o “Escape Simulator” e o “Netverse Edu” como ambientes de aprendizagem interativos - imersivos e não imersivos - que adotam estratégias voltadas ao desenvolvimento de competências cognitivas, sociais e colaborativas, com o propósito de subsidiar experimentos destinados à investigação da atenção, da carga cognitiva e da colaboração.

O estudo destacou que, embora os ambientes imersivos e não imersivos ofereçam soluções práticas para a educação, nem todos possuem os recursos para proporcionar uma experiência de aprendizagem transformadora. De fato, quanto menos limitações houver em um ambiente, maior será o potencial para promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais nos usuários. Além disso, deve-se reconhecer que muitos desses ambientes têm a capacidade de evoluir com o tempo, incorporando atualizações e recursos tecnológicos inovadores que os tornam ainda mais adequados às demandas dinâmicas e em constante transformação da educação moderna. Nesse contexto, é fundamental que professores, profissionais da área de pedagogia, como psicopedagogos, além de estudantes e desenvolvedores, estejam atentos às atualizações e melhorias dessas plataformas, garantindo a plena exploração de seus potenciais educativos e alinhando as ferramentas às necessidades específicas de seus contextos de ensino e aprendizagem.

Esses dados fomentam um conhecimento não apenas para futuros pesquisadores, mas também para educadores e profissionais de apoio pedagógico, pois oferecem subsídios para uma tomada de decisão mais informada, prática e estratégica. A categorização apresentada neste artigo, fundamenta-

da no método de *benchmark*, proporciona uma base sólida para compreender as possibilidades e limitações de cada ambiente analisado. É importante ressaltar que esses ambientes devem ser cuidadosamente avaliados com base nos objetivos educacionais específicos, permitindo que ofereçam uma experiência de aprendizagem envolvente e alinhada às particularidades de cada área de estudo e perfil de usuário.

6. Referências

- ALLAM, Z.; SHARIFI, A.; BIBRI, S.; JONES, D.; KROGSTIE, J. The metaverse as a virtual form of smart cities: Opportunities and challenges for environmental, economic, and social sustainability in urban futures. *Smart Cities*, v. 5, n. 3, p. 771-801, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2624-6511/5/3/40>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. D.; SILVEIRA, M. S.; GASPARINI, I.; DARIN, T.; BARBOSA, G. D. J. Interação humano-computador e experiência do usuário. Auto publicação, 2021.
- BRITO, Samara da Silva; MEDEIROS, Francisco Petrônio Alencar de. Desafios e oportunidades do metaverso na Educação: uma análise das funções cognitivas e implicações pedagógicas. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, João Pessoa, jun. 2024. ISSN 2447-9187. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18265/2447-9187a2024id8432>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- DAŞDEMİR, Y. Cognitive investigation on the effect of augmented reality-based reading on emotion classification performance: A new dataset. *Biomedical Signal Processing and Control*, v. 78, p. 103942, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.103942>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- DESNOYERS-STEWART, J., ANTLE, A. N., & RIECKE, B. E. Being in Virtual Worlds: How Interaction Environment and Touch Shape Embodiment in Immersive Experiences. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '25)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 368, 1–16, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3706598.3713586>. Acesso em: 05/05/2025.
- DINCELLI, E.; YAYLA, A. Immersive virtual reality in the age of the Metaverse: A hybrid narrative review based on the technology affordance perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, v. 31, n. 2, p. 101717, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101717>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- FRANCO, A.; LOUP-ESCANDE, E.; LOISEAUX, G.; CHOTARD, J.; ZAPATA-DOMINGUEZ, D.; CIGER, J.; LECLERE, A.; DENISART, L.; LELONG, R. From battery manufacturing to smart grids: Towards a metaverse for the energy sciences. *Batteries e Supercaps*, v. 6, n. 1, p. e202200369, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/batt.202200369>. Acesso em: 26 nov. 2024.

- GARCIA, M.; ADAO, R.; PEMPINA, E.; QUEJADO, C.; MARANAN, C. MILES Virtual World: A Three-Dimensional Avatar-Driven Metaverse Inspired Digital School Environment for FEU Group of Schools. In: Proceedings of the 7th International Conference on Education and Multimedia Technology, 2023. p. 23-29. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3625704.3625729>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- HAN, Z.; TU, Y.; HUANG, C. A framework for constructing a technology-enhanced education metaverse: Learner engagement with human-machine collaboration. IEEE Transactions on Learning Technologies, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3257511>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- HARASIM, L. Learning theory and online technologies. 2. ed. New York: Routledge, 2017. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315716831>. Acesso em: 1 maio 2025.
- HUYNH-CAM, T. T., AGRAWAL, S., CHEN, L. S., & NGUYEN, Q. A. E-Learning Benchmarking in Higher Education: Methodology Literature Review. In Proceedings of the 5th International Conference on Education and Multimedia Technology, p. 225-233, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3481056.3481081>. Acesso em: 05/05/2025.
- LEE, H.; HWANG, Y. Technology-enhanced education through VR-making and metaverse-linking to foster teacher readiness and sustainable learning. Sustainability, v. 14, n. 8, p. 4786, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14084786>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- LEENTJENS, A. F., & SMITH, S. L. Will the biopsychosocial model of medicine survive in the age of artificial intelligence and machine learning? Journal of Psychosomatic Research, Volume 168, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2023.111207> Acesso em: 05/05/2025.
- LO, S.; TSAI, H. Design of 3D virtual reality in the metaverse for environmental conservation education based on cognitive theory. Sensors, v. 22, n. 21, p. 8329, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s22218329>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- LÓPEZ, G. A. M.; CHAUX, H. R.; ALVAREZ, F. A. C. 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), 2022. p. 1-9. IEEE. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TAE54169.2022.9840630>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- LÓPEZ-PERNAS, S.; GORDILLO, A.; BARRA, E.; QUEMADA, J. Analyzing learning effectiveness and students' perceptions of an educational escape room in a programming course in higher education. IEEE Access, v. 7, p. 184221-184234, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8936344>. Acesso em: 26 nov. 2024.

- NUNES, F.; HERPICH, F.; DO AMARAL, E.; VOSS, G.; ZUNGUZE, M.; MEDINA, R.; TAROUÇO, L. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cae.21833>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- PIGULTONG, M. Cognitive impacts of using a metaverse embedded on learning management system for students with unequal access to learning resources. In: 10th International Conference on Information and Education Technology (ICIET), 2022. IEEE. p. 27-31. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICIET55102.2022.9779045>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- QUINTANA, M.; FERNÁNDEZ, S. A pedagogical model to develop teaching skills: The collaborative learning experience in the Immersive Virtual World TYMMI. *Computers in Human Behavior*, v. 51, p. 594-603, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.016>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- RITTERBUSCH, G. D.; TEICHMANN, M. R. Defining the metaverse: A systematic literature review. *IEEE Access*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241809>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- SANTOS, V. M. R.; MEDEIROS, F. P. A.; LIRA, H. B.; RODRIGUES, N. N. Benchmark Application for Scenario Analysis in the Educational Chatbots Development. In: 2021 XVI Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), 2021. p. 302-309. IEEE. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/LACLO54177.2021.00038>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- YE, P.; WANG, F. Parallel population and parallel human—a cyber-physical social approach. *IEEE Intelligent Systems*, v. 37, n. 5, p. 19-27, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MIS.2022.3208362>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- ZHANG, Y.; LUO, H.; LIU, Y.; CHENG, W. Is Metaverse Better than Video Conferencing in Promoting Social Presence and Learning Engagement? In: 2023 International Conference on Intelligent Education and Intelligent Research (IEIR), 2023. IEEE. p. 1-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IEIR59294.10391262>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- ZHAO, Z.; ZHAO, B.; WAN, X. Research on personalized learning space in educational metaverse. In: Fourth International Conference on Computer Science and Educational Informatization (CSEI 2022), 2022. IET. p. 245-248. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/icp.2022.1479>. Acesso em: 26 nov. 2024.