

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E O ENSINO DE GEOMETRIA
DESCRITIVA: POSSIBILIDADES DO METAVERSO

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND DESCRIPTIVE
GEOMETRY TEACHING: METAVERSE POSSIBILITIES

*Clarisse Machado Chaves Calixto*¹

*Marcos Martins Borges*²

*Ercília de Stefano*³

*Jose Alberto Barroso Castañon*⁴

Resumo:

O artigo descreve a importância do estudo de Geometria Descritiva, especialmente para alunos de engenharia, arquitetura e design, destacando a utilização de tecnologias inovadoras. A partir de uma revisão narrativa da literatura, são apresentadas diretrizes para a proposição de alternativas que estimulem os processos de ensino e aprendizagem no contexto da utilização de ferramentas digitais. Especificamente, a pesquisa propõe a utilização do metaverso como ambiente de aprendizagem de conceitos fundamentais da Geometria Descritiva. Alguns experimentos iniciais são apresentados juntamente com os resultados parciais. Por fim, são indicadas as direções para a continuidade da pesquisa e os desdobramentos possíveis a partir dos experimentos realizados.

Palavras-chave: Geometria Descritiva, Metaverso, Ensino e Aprendizagem.

Abstract:

The article describes the importance of Descriptive Geometry studying, especially for engineering, architecture and design students, highlighting the use of innovative technologies. Based on a literature narrative review, guidelines are presented for proposing alternatives that stimulate teaching and learning processes in the context of the use of digital tools. Specifically, the research proposes the use of the metaverse as a learning environment for fundamental concepts of Descriptive Geometry. Some initial experiments are presented together with partial results. Finally, directions for continuing the research and possible developments based on the experiments carried out are indicated.

Keywords: Descriptive Geometry, Metaverse, Teaching and Learning.

¹ PROAC / UFJF - clarissechaves.calixto@estudante.ufjf.br.

² PROAC / UFJF - marcos.borges.ufjf@gmail.com.

³ PROAC / UFJF - ercilia.stefano@gmail.com.

⁴ PROAC / UFJF - jose.castanon@engenharia.ufjf.br.

1 Introdução

O ensino da Geometria Descritiva (GD) se apresenta como um desafio para a formação profissional em áreas como arquitetura, engenharias e design. Diversas pesquisas relatam as dificuldades e importância do desenvolvimento do raciocínio espacial na formação desses profissionais (Bruno et al., 2018; Montenegro, 1991). Nesse sentido, destacam-se as pesquisas desenvolvidas no âmbito do grupo de pesquisa Virtual Design (VID). Dentre elas pode-se mencionar o software para modelagem tridimensional, HyperCAL3D (Teixeira et al., 2015), que parece estar contribuindo na qualidade do processo de ensino e aprendizagem em Geometria Descritiva. Também, verifica-se ao longo dos anos uma forte tendência de redução de carga horária em disciplinas como Geometria Descritiva, Desenho Técnico, entre outras (Borges, 2016). Ainda, verifica-se em muitas estruturas curriculares a substituição desses conteúdos por disciplinas de base computacional, enfatizando na maioria dos casos apenas a capacitação na manipulação de softwares como AutoCAD, SketchUp, entre outros (Oliveira, 2000). A revisão da literatura relata as dificuldades encontradas por alunos na compreensão da Geometria Descritiva e o entendimento da importância dessa disciplina, indicando direções para a solução desses obstáculos (Bruno et al., 2018).

Morais (2017) aborda essas dificuldades em sua dissertação e propõe uma diretriz para contribuir na compreensão dos alunos através do Project Labb, que utiliza a impressão 3D para o ensino da Geometria Descritiva. Neste trabalho, os materiais didáticos físicos utilizados servem de base para demonstrações tridimensionais na construção do desenho e raciocínio bi e tridimensional. Na conclusão do estudo, o autor indica que a utilização da abordagem potencializa a compreensão dos alunos, tornando-os mais interessados e aptos a solucionar problemas na produção dos objetos (Morais, 2017).

No contexto atual de rápido avanço da tecnologia, verificam-se abordagens que apontam para a utilização do metaverso como possibilidade de interação real no mundo abstrato como em Wang (2023). O autor aborda a estratégia de ensino de uma segunda língua, destacando a importância da interação entre professor e aluno, bem como entre os próprios alunos, para a consolidação do conhecimento, examinando como o metaverso pode desempenhar um papel facilitador nesses processos interativos, contribuindo para a eficácia do ensino de idiomas.

Nesta direção, o presente trabalho apresenta as abordagens iniciais para a construção de uma estratégia metodológica vinculada às ferramentas disponíveis para o desenvolvimento de possibilidades de interação no metaverso. A proposta é realizar

um levantamento das plataformas disponíveis e, a partir do uso de uma ferramenta de tomada de decisão, selecionar a plataforma que melhor atenda às especificações e critérios apropriados ao uso do metaverso como estratégia de ensino e aprendizagem. Com a plataforma selecionada, foram realizados experimentos iniciais que apontam para uma possibilidade concreta da estrutura disponível contribuir no sentido de estímulo ao processo de ensino e aprendizagem da Geometria descritiva.

2 Fundamentação Teórica

A revisão narrativa de literatura realizada procurou buscar em publicações disponíveis, as pesquisas e experiências considerando inicialmente a utilização de recursos digitais de forma geral para, posteriormente, discutir aspectos mais específicos vinculados à Geometria Descritiva.

2.1 Metaverso

De acordo com Tibúrcio et al. (2022), o termo "metaverso" teve sua origem no livro de ficção científica "Snow Crash", escrito por Neal Stephenson em 1992. Na obra, o metaverso é descrito como um mundo virtual fictício. O conceito de metaverso, conforme definido por Tibúrcio et al. (2022), refere-se a um espaço acessível pela internet que possibilita a criação de ambientes gráficos tridimensionais. Essa representação virtual é uma extensão do mundo real, proporcionando aos usuários a oportunidade de explorar e interagir em um ambiente digital imersivo. Conforme descreve Therrien (2022),

O metaverso pode ser definido como a convergência do mundo físico com o mundo digital, consolidando, portanto, um espaço virtual onde as pessoas, interagindo por meio de "avatares", poderão trabalhar, socializar, negociar, jogar e consumir (Therrien, 2022, p.3).

Pieroni et al. (2022) observam que a plataforma imersiva *Second Life*, desenvolvida pela *Linden Lab* e lançada em 2003, é considerada uma precursora do conceito de metaverso, sendo um dos primeiros mundos virtuais 3D acessíveis pela internet. Este ambiente digital pioneiro permitiu aos usuários interagirem, socializarem e criarem conteúdo em um espaço virtual compartilhado.

A utilização específica do metaverso no ensino de Geometria Descritiva foi abordada na dissertação de Pina (2020), que teve como objetivo explorar a aplicação da realidade virtual nas disciplinas de Geometria Descritiva (GD) e História da Arquitetura, no âmbito do curso de Arquitetura e Urbanismo.

Um experimento prático foi conduzido, consistindo em uma aula de Geometria Descritiva que tinha como propósito apresentar um conjunto de objetos aos alunos, e outra aula que proporcionou uma experiência de viagem virtual por meio de um edifício utópico, na disciplina de História da Arquitetura. Os resultados obtidos indicam a eficácia da introdução da realidade virtual como uma ferramenta de apoio no processo de ensino e aprendizado. Este enfoque inovador demonstra o potencial para enriquecimento da experiência educacional, proporcionando aos alunos uma abordagem mais imersiva e prática nas disciplinas de GD e História da Arquitetura (Pina, 2020).

Lavdas et al. (2023), abordam os impactos do metaverso na experiência humana, destacando que, apesar de ser um espaço propício para a livre criação de ambientes, o metaverso pode influenciar a fisiologia e psicologia do indivíduo. O autor argumenta que o êxito do metaverso reside em sua habilidade de acomodar mecanismos inconscientes relacionados ao apego emocional e ao bem-estar.

2.2 Virtualidade na Educação

Diante da realidade do avanço tecnológico, diversos autores se ocupam em experimentar e avaliar as possibilidades do “mundo virtual”, como relatado por Hedrick et al. (2022). Os autores realizaram pesquisas com a intenção de inferir os impactos do ensino nos alunos através de uma experiência de implementação do metaverso no curso de design. A experiência teve início no ano letivo de 2021, revelando que o ambiente de aprendizado no metaverso apresenta perspectivas promissoras. No contexto do projeto, foram utilizados os softwares Horizon Workrooms, Meta, entre outros. Os sistemas demonstraram a potencialidade de seu uso na direção de objetivos educacionais.

A conclusão do estudo de Hedrick et al. (2022) ressaltam que a realidade virtual oferece suporte ao aprendizado, proporcionando mais naturalidade nas aulas simuladas em comparação com as vídeo-chamadas. Relatou que os alunos se sentem mais confortáveis ao assumirem avatares do que ao serem filmados, o que, por sua vez, contribui para uma maior atenção. Entretanto, o artigo menciona dois pontos negativos identificados durante a implementação: as náuseas experimentadas por alguns alunos, e a limitação de acesso a óculos de realidade virtual por alguns alunos, os quais participam das aulas em formato 2D (tela do computador) e foram representados em telões dentro da sala de aula virtual. O projeto continuou, com o lançamento de dois novos cursos em 2022.

Ainda sob o aspecto pedagógico, Pereira (2022), ao adotar uma abordagem baseada em uma investigação de artigos e materiais relacionados aos temas de educação e metaverso, destaca uma defasagem na educação pública e apresenta duas possibilidades específicas aplicadas no contexto do metaverso no ensino superior. A conclusão de seu artigo ressalta a existência de uma "barreira" por parte dos próprios educadores em relação à adoção dessa tecnologia, mas também enfatiza a necessidade da realização dessa transição no cenário educacional.

Com o avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), de acordo com Cid (2023), torna-se imperativo reexaminar as abordagens de aprendizado. Em seu artigo o autor explora o potencial educativo das novas tecnologias, enfocando a análise de oito atividades que utilizam o metaverso. A intenção é fomentar uma educação integral em um ambiente lúdico. A utilização do metaverso visa despertar o interesse e a participação ativa dos alunos. De acordo com o autor o ambiente proporciona uma abordagem de aprendizado mais prática e experimental, permitindo que os estudantes adquiram conhecimento de maneira imersiva. Além disso, o autor destaca a contribuição para o desenvolvimento de competências digitais nos alunos. É importante salientar que este estudo está baseado exclusivamente no planejamento, sendo necessária uma avaliação adicional para a implementação efetiva das atividades propostas no metaverso.

Por outro lado, Wang (2023) aborda a estratégia de ensino de uma segunda língua, destacando a importância da interação entre professor e aluno, bem como entre os próprios alunos, para a consolidação do conhecimento. Além disso, examina como o metaverso pode desempenhar um papel facilitador nesses processos interativos, contribuindo para a eficácia do ensino de idiomas.

O período pandêmico de COVID-19, trouxe a necessidade de alternativas para o ensino remoto o que acelerou a adoção das ferramentas tecnológicas na educação, compelindo professores e alunos a participarem de ambientes virtuais (De Classe e De Castro, 2023). Ainda, os mesmos autores descrevem que, após a crise pandêmica e com o retorno às aulas presenciais, o desafio de um ensino híbrido é estabelecido. Nesse contexto emergiu a presença do metaverso nas instituições de ensino superior, podendo ser compreendido como uma extensão do mundo real no ambiente virtual. Os autores abordam a implementação do metaverso no contexto do ensino superior, examinando a percepção e a receptividade dos alunos em relação a essa inovação. Os resultados apresentados no artigo indicam uma recepção positiva, evidenciando que a

utilização do metaverso motiva os alunos a engajarem-se em suas atividades didáticas (De Classe & De Castro, 2023).

Ainda, os mesmos autores destacam a necessidade de transição para o ensino remoto ressaltando, no entanto, a eficácia limitada desse método para a aprendizagem.

Nesse contexto, o metaverso é apresentado como uma alternativa para mitigar esse desafio. Sua pesquisa conduzida junto aos alunos revela uma percepção positiva em relação ao ensino por meio do metaverso.

2.3 Geometria Descritiva e Ambientes Virtuais

Segundo Stachel (2003), a geometria descritiva é um método de estudo do espaço tridimensional por meio de suas projeções bidimensionais. Essa abordagem proporciona uma visão das estruturas e propriedades métricas do espaço, abrangendo objetivos, processos e princípios espaciais, oferecendo aos alunos um treinamento da capacidade intelectual de percepção espacial.

Samid (2022) argumenta que a Geometria Descritiva já ocupou papel de destaque na academia e em suas aplicações práticas na matemática e engenharia entre outras áreas. Ao longo do tempo a disciplina ficou relegada a um segundo plano, principalmente nas estruturas curriculares em diversos cursos de graduação nas engenharias, arquitetura e design.

O objetivo da pesquisa de Samid (2022) foi explorar a construção de uma disciplina mais pragmática, capaz de capturar e manter o interesse. Os fundamentos da Geometria Descritiva estão intrinsecamente interligados a diversas áreas de estudo, abrangendo desde a física até as ciências naturais em geral. Destaca-se, portanto, a necessidade de promover processos de ensino e aprendizagem com maior contextualização dos conteúdos, buscando apresentar aplicações práticas de conteúdos que por vezes, podem parecer deslocados das áreas de conhecimento de cada curso.

Porém, como em todo processo de desenvolvimento, há que se observar não apenas as experiências exitosas, mas também se debruçar nas possíveis dificuldades. Neste aspecto, Flores (2016) descreve que a Geometria Descritiva, de natureza abstrata e complexa, possui uma origem lógica e visual. Sua importância reside na promoção da criatividade espacial e estímulo à imaginação. No entanto, é observada uma significativa dificuldade por parte dos alunos, especialmente no que diz respeito à representação de vistas ortogonais. Este aspecto motivou o trabalho do autor, que consiste em apresentar

uma ferramenta interativa de ensino, visando aprimorar a compreensão do processo de representação de vistas ortogonais.

A pesquisa de Grassi e Teixeira (2022) propõe a criação de um artefato digital centrado no processo de aprendizado do aluno, focando especificamente o tema da Geometria Descritiva. O estudo foi iniciado com uma análise exploratória, seguida pela adoção da metodologia Design Science Research. No decorrer da pesquisa, foi conduzida uma análise para avaliar as aulas de Geometria Descritiva e os resultados dessa avaliação permitiram identificar que o principal desafio reside no planejamento do processo de ensino e aprendizagem, especialmente no contexto do ensino superior. Os resultados dessa pesquisa têm o potencial de contribuir para o desenvolvimento de novos recursos e estratégias de planejamento no âmbito do ensino/aprendizado no contexto da Geometria Descritiva.

A opção pelo metaverso como ferramenta de estudo da geometria descritiva está embasada em Wu et al. (2023) que observa que a realidade virtual proporcionada pelo metaverso permite a conexões de objetos virtuais e reais, a transmissão de dados e a geração de mundos virtuais, gerando uma imersão interativa entre o humano e o computador. Além disso, os ambientes criados a partir de plataformas de desenvolvimentos de jogos, que podem ser acessados tanto com equipamentos específicos, como a partir apenas da tela de um computador, possibilitam um potencial de aproximação entre jovens estudantes e conteúdos específicos como é o caso da Geometria Descritiva.

No mesmo viés, Bruno et al. (2018) relatam as dificuldades enfrentadas por alguns alunos na compreensão das vistas ortogonais. Como estratégia para mitigar essas dificuldades, propõe-se a disponibilização de recursos empíricos-concretos aos alunos, facilitando assim a transição do entendimento de objetos em duas dimensões para aqueles em três dimensões. A conclusão do estudo destacou que, apesar do progresso tecnológico, ainda é necessário recorrer a objetos físicos para a compreensão do processo, prática que, apesar do avanço tecnológico, não deve ser desconsiderada. Dessa forma, o artigo apresenta uma abordagem que integra os dois mundos, ou seja, o tecnológico e o real.

Com a finalidade de vencer as dificuldades observadas na transição do campo real para um ambiente virtual, deve-se ressaltar os trabalhos direcionados à criação de softwares específicos para ensino de Geometria Descritiva. Santos e Teixeira (2016) referem-se ao estudo de objetos tridimensionais representados bidimensionalmente, uma área de conhecimento que frequentemente apresenta desafios de compreensão

para os alunos. Diante dessa dificuldade, a computação gráfica emerge como uma ferramenta capaz de mitigar essa situação. O objetivo do trabalho consistiu no desenvolvimento de um software denominado HyperCAL3D, projetado para proporcionar interatividade e visualização aos alunos no contexto da Geometria Descritiva. O processo de criação do software, desenvolvido por Santos e Teixeira (2016) juntamente com o grupo de pesquisa ViD, envolveu um estudo aprofundado dos conceitos aplicados na disciplina de Geometria Descritiva. O HyperCAL3D foi submetido à avaliação de especialistas, resultando em uma classificação de 85,41 pontos na escala S.U.S. (System Usability Scale).

Ainda sobre o software HyperCAL3D, segundo Cardozo (2022), a ferramenta auxilia o ensino de Geometria Descritiva. Ao longo do tempo, o software tem sido bem aceito pelos alunos e se consolidou como uma importante contribuição nessa área. No entanto, considerando o constante avanço da tecnologia, o trabalho de Cardozo (2022) tem como proposta a atualização do software para uma versão mobile, acessível por smartphones. Essa atualização visa tornar o HyperCAL3D ainda mais acessível e conveniente para os estudantes, permitindo um uso mais flexível e adequado às demandas atuais.

A título de exemplificação de busca pela eficácia da introdução da tecnologia no mundo acadêmico, Santos et al. (2020) abordam a maneira pela qual a evolução tecnológica pode proporcionar suporte ao ensino de Geometria Descritiva e ao aprimoramento das habilidades espaciais e conclui que a disciplina transcende sua natureza como uma função no ensino de arquitetura e urbanismo. Ela se transforma em uma potencialidade para a solução de problemas. A incorporação de jogos digitais, pode facilitar a compreensão dos conceitos teóricos, tornando assim sua integração no processo de aprendizado do aluno algo pertinente e interessante.

Importante salientar que o uso de equipamentos, software, hardware, tem trazido facilidades e um atrativo para a disciplina de Geometria Descritiva, como descrito por Samid (2022), ao afirmar que o metaverso está destinado a revitalizar o interesse pela geometria, incorporando tecnologia para a manipulação do espaço e da geometria.

Por fim, deve-se ressaltar o aspecto relacionado à familiaridade de novas gerações com os ambientes virtuais e o universo de jogos em computadores. Nesta direção, pode-se considerar que os ambientes ou plataformas desenvolvidas para a elaboração e uso em jogos, tem o potencial de estabelecer processos dinâmicos e lúdicos nos processos de ensino e aprendizagem (Santos et al., 2020).

3 Método

Este trabalho reflete uma pesquisa de dissertação de mestrado em andamento. O foco principal gira em torno dos processos de ensino e aprendizagem da Geometria Descritiva e da utilização do metaverso com possibilidade de contribuir no desenvolvimento da capacidade de raciocínio espacial em estudantes dos cursos de engenharia, arquitetura e design. Dessa forma, foi realizada uma revisão narrativa de literatura para embasar os primeiros experimentos realizados.

A pesquisa é delineada como experimental, seguindo a definição de Gil (2002), que envolve a seleção de um objeto de estudo e a identificação de variáveis capazes de modificá-lo. Além disso, é classificada como qualitativa, onde os resultados são influenciados pelos fatores e variáveis selecionados, conforme a abordagem de Gil (2002).

A Figura 1 apresenta o fluxograma proposto para a pesquisa como um todo e ressalta o estágio atual que se traduz nos resultados parciais apresentados neste artigo.

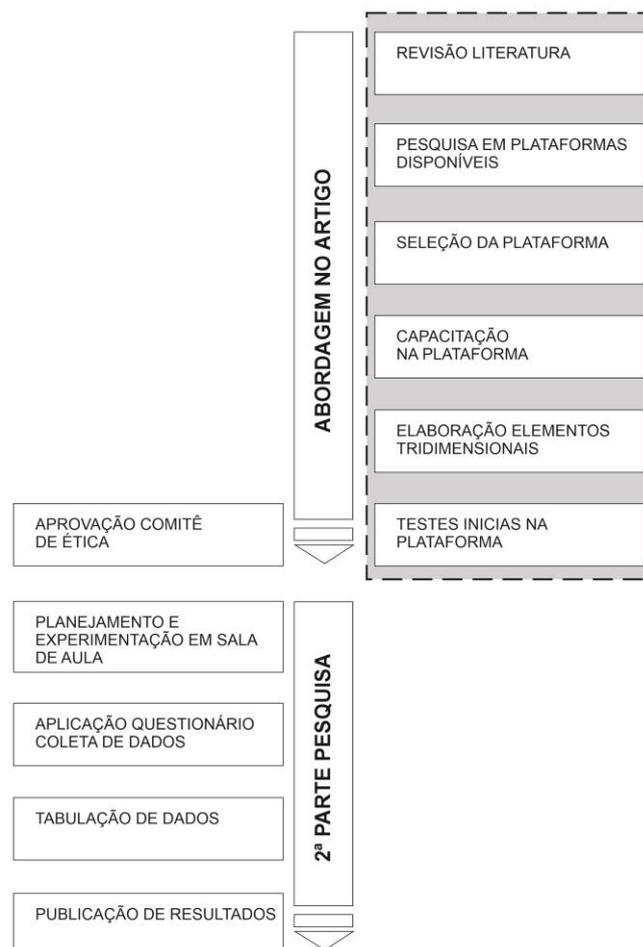


Figura 1 – Estrutura geral da pesquisa. Fonte: os autores.

Encontra-se em tramitação o documento de aprovação pelo comitê de ética em pesquisa local, que respaldará a segunda parte da pesquisa, onde serão realizados experimentos em sala de aula com a utilização do equipamento de imersão no metaverso e com a utilização do ambiente desenvolvido apenas na tela do computador. Os protocolos a serem adotados na utilização do equipamento em sala de aula fazem parte do planejamento na segunda etapa da pesquisa. Tal equipamento é denominado Meta Quest 2 (Figura 2).



Figura 2 – Equipamento Meta Quest 2. Fonte: disponível de forma livre em: <https://www.meta.com/quest/products/quest-2/>

Os softwares empregados nesta investigação incluem o Roblox, Meta Horizon Workrooms, Meta Horizon Worlds, Microsoft Mesh, Arkio e Spatial, que se configuram como plataformas para desenvolvimento de jogos e interações diversas no metaverso.

Para a comparação entre as plataformas, foi utilizada uma matriz de decisão adaptada de Ulrich e Eppinger (2012), que considera a avaliação de possíveis alternativas de solução no processo de desenvolvimento de um produto, comparadas entre si a partir de critérios de seleção estabelecidos ao longo do processo de desenvolvimento. Para o caso deste trabalho, essa matriz foi adaptada de forma a ser possível fazer uma análise comparativa entre as alternativas disponíveis e, desta forma, selecionar a plataforma mais adequada para a realização dos experimentos. Essa matriz de decisão se apresenta como uma ferramenta eficaz e consolidada em processos de desenvolvimento de produtos (Ulrich; Eppinger, 2012). A sua confiabilidade se respalda, entre outros aspectos no conhecimento que uma equipe de projeto desenvolve ao longo do processo. Esse desenvolvimento reduz as incertezas iniciais ao mesmo tempo em

que aumenta o nível de conhecimento acerca do produto em desenvolvimento, por parte da equipe.

Neste sentido, a adaptação da matriz para o contexto da pesquisa em desenvolvimento, permite sua aplicação e abre espaço para sua utilização em outros contextos de ensino e aprendizagem.

Por fim, os critérios de seleção estabelecidos, se baseiam nos objetivos de utilização das plataformas e na experiência acumulada na equipe de pesquisa até aqui. Desta forma, os critérios adotados foram: interatividade, neutralidade, possibilidade de criação, locomoção, funcionalidade e disponibilidade. Estes serão detalhados na sessão 5 que descreve a análise comparativa.

4 Descrição das Plataformas

Considerando a pesquisa em andamento e a possibilidade de elaboração de conteúdos didáticos relacionados à Geometria Descritiva, foram pesquisadas as ferramentas que apresentassem possibilidade de aplicação dentro do metaverso. O principal requisito nessa seleção foi a escolha de plataformas que apresentassem um ambiente neutro, com capacidade de criação e movimentação de objetos tridimensionais. Desta forma, apresenta-se a seguir uma breve descrição de cada plataforma.

4.1 Roblox

Roblox é uma plataforma interativa que proporciona a entrada em "salas" (aplicativos dentro do aplicativo) destinadas à interação com outros usuários. Essas salas são diversas e podem ser, jogos ou áreas de convivência, como as minicidades, como é descrito por Pizzol et al. (2022).

Não foi possível encontrar uma sala que atende plenamente às expectativas deste trabalho. No entanto, a sala denominada "[Quest2 VR] Desenho VRBLOX" foi a que melhor se alinhou aos requisitos desejados. Este espaço é caracterizado por um ambiente neutro, no qual é possível realizar atividades de desenho. Contudo, destaca-se a limitação relativa à incapacidade de locomoção dentro desse espaço (Microsoft, 2024).

4.2 Meta Horizon Workrooms

Conforme descrito no site do Meta, o Meta Horizon Workrooms foi projetado como uma ferramenta de colaboração em realidade virtual (VR) que proporciona às equipes um

espaço virtual tanto na VR quanto na web, permitindo que as pessoas se conectem e colaborem em atividades de trabalho conjunto, segundo Meta (2023).

Entretanto, para os propósitos da presente pesquisa, o aplicativo não é recomendado. Apesar de possibilitar a criação de salas de reuniões e a recepção de participantes, observa-se que as características das salas virtuais não apresentam distinção significativa em relação a uma sala de reunião real. Embora seja viável a projeção de slides e a realização de desenhos à mão utilizando o controle manual como uma espécie de caneta, a aplicação não oferece diferenciais substanciais em termos de funcionalidades relevantes para a pesquisa em questão.

4.3 Meta Horizon Worlds

O Meta Horizon Worlds foi identificado inicialmente como uma plataforma promissora aos objetivos pretendidos. Essa plataforma oferece a possibilidade de personalizar avatares, criar espaços personalizados, realizar encontros com amigos e até mesmo conduzir reuniões de trabalho, segundo Meta (2023). No entanto, houve dificuldades no acesso e instalação da plataforma para a avaliação preliminar de suas características.

4.4 Mesh

Este aplicativo é direcionado especificamente para reuniões de trabalho, apresentando a funcionalidade de Holograma. No entanto, devido à sua natureza como um programa desenvolvido pela Microsoft, sua utilização está restrita ao hardware específico da empresa, o HoloLens 2, como em Wen (2024). Esta limitação prática impossibilita a sua utilização no âmbito pesquisa.

4.5 Arkio

O Arkio representa uma plataforma voltada para a construção civil, proporcionando a facilidade na elaboração de esboços. Permite também a criação de projetos de edificações, interiores e até mesmo espaços urbanos, segundo Arkio (2023). Entretanto, é importante notar que o espaço inicial não apresenta uma condição de neutralidade, o que implica na presença de pontos de referências, prejudicando assim a capacidade de abstração necessária para os propósitos da pesquisa.

4.6 Spatial

A plataforma é descrita como um centro de jogos tridimensionais, onde os usuários podem criar experiências sociais imersivas para web, através de computadores, tablets

e dispositivos móveis. O objetivo é permitir que o usuário deixe de ser passivo, apenas observando, e passe a interagir de forma ativa com o ambiente do jogo (Spatial, 2024).

A plataforma é apresentada como uma ferramenta simples para criar, publicar e monetizar jogos tridimensionais, com acesso facilitado via e-mail e sem custos. A criação de ambientes pode ser feita de forma gratuita ou mediante pagamento. O plano gratuito oferece um limite de 100 MB de conteúdo básico, suporte para até 10 participantes simultâneos, acesso a modelos básicos, exibição do logotipo do *Spatial* e anúncios, 15 minutos diários de compartilhamento de tela, sem análise de desempenho e suporte básico. O plano pago em setembro de 2024, com valor de oito dólares, permite até 500 MB de conteúdo, 50 participantes simultâneos, acesso a modelos premium, compartilhamento de tela ilimitado, análise padrão e suporte prioritário (Spatial, 2024).

5 Análise Comparativa

Em uma primeira análise das características de cada plataforma, já foi possível identificar aspectos favoráveis e desfavoráveis em relação aos requisitos necessários para sua utilização como ferramenta de ensino e, mais especificamente, para abordar conteúdos relacionados à Geometria Descritiva. De toda forma, buscou-se uma ferramenta de auxílio ao processo de tomada de decisão, que contribuísse para uma escolha mais aderente aos objetivos iniciais da pesquisa. A matriz de decisão apresentada por Ulrich & Eppinger (2012), adota em processos de desenvolvimento de novos produtos, se mostrou adequada como ferramenta de análise comparativa entre as possibilidades enfrentadas. Assim, apresenta-se a seguir a análise realizada com essa abordagem.

A robustez da ferramenta utilizada se baseia em duas diretrizes principais. A primeira se refere ao estabelecimento de critérios de seleção, o mais precisos possível. A segunda diretriz estabelece que esses critérios tenham um vínculo forte com os objetivos estabelecidos para o produto ou, no caso em tela, para a pesquisa (Ulrich & Eppinger, 2012). Dessa forma, foram estabelecidos os critérios de seleção listados a seguir:

- **Interatividade:** refere-se à capacidade de permitir a interação de múltiplos usuários dentro do mesmo ambiente virtual compartilhado;
- **Neutralidade:** indica a habilidade do ambiente virtual em abstrair referências espaciais específicas, permitindo uma experiência desprovida de pontos de referência;

- **Possibilidade de criação:** avalia se o aplicativo oferece a capacidade de criar novas realidades virtuais dentro do ambiente;
- **Possibilidade de utilização de objetos externos:** se refere à possibilidade de modelagem de objetos tridimensionais em softwares externos ao ambiente virtual;
- **Locomoção:** diz respeito à facilidade e fluidez dos movimentos dentro do ambiente virtual;
- **Funcionalidade:** representa a extensão em que os espaços e recursos do aplicativo são restritos ou limitados; e
- **Disponibilidade:** considera o acesso ao aplicativo, sem restrições de hardware ou outras limitações.

A partir de uma análise realizada por membros da equipe de pesquisa, é elaborado um procedimento de comparação entre as plataformas testadas. O método de análise se baseia na comparação com uma alternativa previamente escolhida como referência, à qual é atribuído o valor 0 (zero) para todos os critérios de seleção. Dessa forma, as outras plataformas são pontuadas como piores, atribuindo o sinal negativo (-); iguais, atribuindo o valor 0 (zero); ou melhores, atribuindo o sinal positivo (+). Esse procedimento, relatado por Ulrich e Eppinger (2012), permite avaliar e comparar as plataformas em cada um dos critérios de avaliação estabelecidos. Na tabela 1, é apresentado o resultado da análise.

De acordo com o método descrito pelos autores, existe também a possibilidade de fortalecer a análise das alternativas e o processo de tomada de decisão pela equipe de pesquisa, através do aumento das possibilidades de comparação e do balanceamento dos critérios de seleção (Ulrich e Eppinger, 2012). Esse aumento de robustez da análise seria indicado quando, por exemplo, houver um empate no somatório final de cada alternativa. Na análise feita até o presente momento da pesquisa, essa necessidade não foi detectada.

Dessa forma, a Tabela 1 apresenta o resultado final da análise comparativa realizada, indicando que a plataforma Spatial tem a maior possibilidade de ser adotada no desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 1 – Análise Comparativa.

Critérios de Seleção	Roblox (REFERÊNCIA)	Meta Horizon Workrooms	Meta Horizon Worlds	Mesh	Arkio	Spatial
Interatividade.	0	0	0	0	0	0
Neutralidade.	0	-	-	-	-	-
Possibilidade de Criação.	0	-	-	-	0	0
Possibilidade de utilização de objetos externos.	0	-	-	-	-	+
Locomoção.	0	-	-	-	0	+
Funcionalidade	.0	-	0	-	0	+
Disponibilidade.	0	+	+	0	0	0
SOMATÓRIO	0	-4	-3	-5	-2	2
POSIÇÃO FINAL	2º	4º	3º	5º	3º	1º

Fonte: adaptado de Ulrich & Eppinger, p. 154 (2012).

Além do resultado apresentado pela análise comparativa da Tabela 1, a escolha da plataforma Spatial se deveu, principalmente, pela possibilidade de elaboração de ser a única, até o momento, de possibilitar a inserção de objetos tridimensionais desenvolvidos a partir do software de modelagem tridimensional Sketchup, de amplo conhecimento no setor de arquitetura, engenharias e design. Os modelos tridimensionais do Sketchup, que podem ser inseridos em um ambiente básico do Spatial através de uma extensão que deve ser instalada no modelador tridimensional. Esse recurso permitiu a realização do experimento inicial relatado a seguir.

6 Experimento na plataforma Spatial

A partir da seleção da plataforma Spatial para a realização dos experimentos, foram iniciadas as seguintes etapas iniciais de capacitação:

- Treinamento no ambiente do Spatial a partir da experimentação de ambientes existentes;
- Criação de ambiente genérico para a inserção de avatares, ambientação e disponibilização do acesso aos membros da equipe; e

- Experimentação na geração de sólidos geométricos primitivos no Sketchup e sua inserção no ambiente genérico do Spatial.

A Figura 2 representa uma primeira versão do ambiente criado no Spatial com a participação de duas pessoas representadas pelos seus avatares. No momento deste teste, as duas pessoas no ambiente se encontravam em localizações geográficas distintas e interagem em tempo real dentro do ambiente. Na mesma figura, também está sendo mostrado o painel lateral que permite a manipulação dos objetos previamente modelados no Sketchup. Nesse caso o cilindro vermelho que é mostrado selecionado.



Figura 3 - Experimento realizado na plataforma Spatial. Fonte: dos autores.

A manipulação de modelos tridimensionais dentro do Spatial se refere à três parâmetros principais. A posição do objeto em relação às coordenadas em X, Y e Z, a rotação do objeto em relação ao eixo vertical Z e a escala do objeto, podendo ser ampliado ou reduzido em relação ao modelo original.

A partir da constatação de que os recursos de desenvolvimento do ambiente na plataforma Spatial pode ser compartilhado por mais de uma pessoa, verifica-se que o desenvolvimento conjunto de ambientes tem o potencial de não só agilizar o processo de desenvolvimento de um determinado ambiente, mas também de colocar o(a) aluno(a) como coparticipante na construção de ambientes virtuais no metaverso.

A possibilidade de inserção de objetos tridimensionais na plataforma Spatial é possível com a utilização de uma extensão que precisa ser instalada no modelador tridimensional. Neste caso específico, essa extensão foi desenvolvida pela empresa Khronos e está disponível no endereço: <https://www.khronos.org/glTF>. Do ponto de vista técnico, ela se configura como uma especificação para a transmissão e carregamento eficientes de cenas e modelos 3D por mecanismos e aplicativos. Em síntese, ela torna os modelos desenvolvidos no Sketchup por exemplo, utilizáveis de forma rápida e prática em outros aplicativos e plataformas de modelagem tridimensional.

7 Considerações Finais

As experimentações realizadas até agora apontam para um significativo potencial de utilização do metaverso como ferramenta de estímulo aos processos de ensino e aprendizagem da Geometria Descritiva. Além disso, fica explícita a possibilidade de utilização de plataformas do metaverso em outras disciplinas da área de Representação Gráfica, como o Desenho Técnico, por exemplo, ou até outras áreas de conhecimento. Essa possibilidade de produção de conteúdos didáticos a partir do Sketchup e sua fácil inserção em ambientes de metaverso como é o caso da plataforma Spatial, abre um caminho que precisa ser explorado de forma mais profunda. Nas áreas de engenharias, arquitetura e design, os modelos tridimensionais manipulados em ambientes virtuais, podem ser a base para interações entre os usuários e os conteúdos didáticos a partir de uma abordagem lúdica. Essa abordagem é a essência desses ambientes no Metaverso

Por outro lado, é importante destacar que o metaverso restringe a nossa percepção biológica a uma visualização tridimensional. Em cenários nos quais o metaverso interage com o universo físico, surgem aplicações espaciais que possibilitam a projeção e manipulação da realidade física dentro desse ambiente virtual, como é o caso da realidade aumentada. Neste sentido, é importante considerar que, durante os experimentos iniciais na utilização do metaverso, foram relatados sintomas como mal-estar, enjoo, tontura e fadiga mental. Assim, em virtude da ausência de um entendimento mais abrangente sobre os potenciais impactos dessa tecnologia no cérebro humano, é recomendável que seu uso seja realizado de forma controlada e moderada. Neste sentido, a continuidade da pesquisa vai aprofundar as questões relativas à segurança com o objetivo de respaldar a utilização dos equipamentos de imersão no Metaverso.

Ressalta-se também que a utilização do ambiente virtual pode ser também feita de maneira mais simples, sem a necessidade de utilização do Equipamento Meta Quest 2, apenas com uma configuração básica de computador pessoal e monitor.

Por fim, os resultados parciais verificados até o momento, apontam para a continuidade de desenvolvimento da pesquisa com possibilidade de resultados positivos. Nessa direção, estão sendo planejadas a realização de experimentos em salas de aula na graduação e em turmas de estudantes de pós-graduação. Para isso, está sendo desenvolvida a produção de conteúdos no Sketchup e o estabelecimento de um ambiente virtual específico para aulas de Geometria Descritiva.

Agradecimentos

A expressão de nossa gratidão é dirigida à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte na realização da pesquisa.

Referências

ARKIO, 2023. **Arkio**. Disponível em: <https://www.arkio.is/>. Acesso em: 08/12/2023.

BORGES, M. M. **O USO DE MODELADORES TRIDIMENSIONAIS PARAMÉTRICOS NA FORMAÇÃO DE COMPETÊNCIAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA E RACIOCÍNIO ESPACIAL NO PROCESSO DE PROJETO**. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 11, n. 1, 2016. DOI: 10.11606/gtp.v11i1.99615. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/99615>.

BRUNO, F. B.; TEIXEIRA, F.G.; SILVA, R. P.; SILVA, T. L. K. **Design-Based Learning: o uso de Objetos Empírico-Concretos e Virtuais na Geometria Descritiva**. Volume 6 nº 1. 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design. 2018.

CARDOZO, G. A. **HyperCAL3D mobile: aplicativo para o auxílio no ensino de geometria descritiva**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2022.

CID, L. **Del aula al metaverso: una propuesta de intervención innovadora**. Universidad de Valladolid. TCC. Facultad de Educación y Trabajo Social. 2023.

DE CLASSE, T; DE CASTRO, R. M. **Metaverso como um ambiente de aprendizado para o ensino híbrido**. Vol. 26, nº. 2, 2023. Revista Iberoamericana de Educación a Distância. 2023.

FLORES, T. R. **Percepção visual: design e tecnologia aplicados à geometria descritiva**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. Editora Atlas S.A. 4ª Edição. 2002.

GRASSI, D.; TEIXEIRA, F. G. **Proposta de artefato digital para orientar o planejamento do ensino e aprendizagem significativa em geometria descritiva a partir do design centrado no usuário.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2022.

HEDRICK, E.; HARPER, M.; OLIVER, E.; HATCH, D. **Teaching & Learning in Virtual Reality: Metaverse Classroom Exploration.** 2022 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC). 2022.

LAVDAS, A. A.; MEHAFFY, M. W.; SALINGAROS, N. A. **AI, the beauty of places, and the metaverse: beyond “geometric al fundamentalism”.** Vol. 2, nº 8(2023). Architectural Intelligence. 2023.

META, 2023. **Meta Horizon Worlds.** Disponível em: <https://www.meta.com/pt-br/experiences/2532035600194083/>. Acesso em: 04/12/2023.

MICROSOFT, 2024. **Roblox, XBOX.** Disponível em: <https://www.xbox.com/pt-br/games/store/roblox/9nblggzm6wm>. Acesso em: 23/03/2024.

MORAIS, P. L. M. **Desenvolvimento de modelos tridimensionais para o ensino e aprendizagem da geometria descritiva no ensino profissional.** Relatório da Prática de Ensino Supervisionada, Mestrado em Ensino de Artes Visuais, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, 2017.

OLIVEIRA, V. F., **Uma proposta para a melhoria do processo de ensino/aprendizagem nos cursos de engenharia civil,** Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, 2000.

PEREIRA, S. R. **Metaverso na educação: currículo, desafios e possibilidades.** Volume 1 nº 1(2022). Painel metaverso, Florianópolis, SC. 2022.

PIERONI, G.; BARBOZA, E. F. U.; FERRI, G.; SOUSA, J. V. S.; NUNES, M. A.; COSTAS, P. G. S.; GUGLLELMIN, P.; BACCARIM, R. C. G. **CAPÍTULO 3: HISTÓRIA DA COMUNICAÇÃO: DOS TAMBORES TRIBAIS ÀS TRIBOS DO METAVERSO.** COMUNICAÇÃO: Mídia, temporalidade e processo social 3. Editora Atena, 2022.

PINA, J. C. F. **Realidade virtual no ensino da arquitetura: aplicação à história da arquitetura e geometria descritiva.** Universidade de Lisboa (Portugal) ProQuestDissertationsPublishing, 2020.

PIZZOL, A. D.; BUSSOLOTTO, L. E.; LIRA, A. C. M. **O Processo Educativo para Além do Jogo: Roblox e a Revolução na Experiência Virtual dos Nativos Digitais.** Revista Aproximação. Vol. 04. Nº 09. 2022.

SAMID, G. **Metaverse Oriented Geometry.** Preprint. disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360084946_Metaverse_Oriented_Geometry, 2022.

SANTOS, S. L.; TEIXEIRA, F. G. **Interface interativa bidimensional em um software para o ensino de geometria descritiva.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

SANTOS, C. E.; DIAS, M. A.; BRAIDA, F. **Geometria, Habilidade Espacial e Jogos Digitais: Contribuições para o Ensino de Arquitetura e Urbanismo**. Volume 8 nº 1. Revista Brasileira de Expressão Gráfica. 2020.

SPATIAL, 2024, **The Spatial Platform**. Disponível em: <https://www.spatial.io/about>. Acesso em 28/10/2024

STACHEL, H. **What is descriptive geometry for?** In G. Weiss (Ed.), Proceedings of the Dresden symposium Geometrie: Konstruktiv & Kinematisch (pp. 327–336). Dresden: Technische Universität Dresden. 2003.

TEIXEIRA, F. G.; KOLTERMANN DA SILVA, T. L.; SILVA, R. P.; BRUNO, F. B.; DOS SANTOS, S. L. **Geometria Descritiva: Uma Abordagem Concreta**. Conference: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia Fortaleza, Brasil, 2010. DOI: 10.13140/RG.2.1.3275.9849.

TERRIEN, C. **O metaverso e seus novos horizontes democráticos. Relatório desenvolvido para o diVerso: laboratório de estudos sobre o metaverso do Instituto de Tecnologia e Sociedade do Rio de Janeiro (ITS Rio)**. 2022.

TIBÚRCIO, F.; MOREIRA, W. L.; SCHMITT, R.; SOUZA, E. L.; SILVA, C. M. **O futuro do digital está na conexão com o real: Metaverso e suas implicações sociais e tecnológicas**. In: WORKSHOP SOBRE AS IMPLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO NA SOCIEDADE (WICS), 3. , 2022, Niterói. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022. p. 76-84. ISSN 2763-8707. DOI: <https://doi.org/10.5753/wics.2022.222830>.

ULRICH, K.; EPPINGER, S.: **Product Design and Development**. 5ª Ed. Nova York: McGraw-Hill Irwin, 2012.

WANG, H., LAI, P. C. **Classroom Interaction and Second Language Acquisition in the Metaverse World**. Strategies and Opportunities for Technology in the Metaverse World, 2023.

WEN, Q.; MILLIGAN, T. P.; TURNER, A.; WALKER, J. **Visão geral do Microsoft Mesh**. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/mesh/overview>. Acesso em: 20/03/2024

WU, D.; YANG, Z.; ZHANG, P.; WANG, R.; Y. **Virtual-Reality Interpromotion Technology for Metaverse: A Survey** IEEE Internet of Things Journal. Vol.: 10, Nº: 18. 2023.