ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Realidade Virtual como ambiente para o ensino de sistemas e materiais construtivos

Virtual Reality as environment for teaching construction systems and materials.

João Pedro Peixoto Silva
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil |joaopedropxt.arqurb@gmail.com
Beatriz Arruda Pinho
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil |biaarrudap14@alu.ufc.br
Micaele Sousa Lima
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil |micaelesousa@alu.ufc.br
Mariana Monteiro Xavier de Lima
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil |mariana@daud.ufc.br
Neliza Maria e Silva Romcy
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | nelizaromcy@daud.ufc.br

Resumo

A Realidade Virtual (RV) tem sido explorada nas práticas de ensino, podendo-se destacar seu uso em cursos de Arquitetura e Urbanismo. Porém, essas aplicações não são igualmente exploradas nas diferentes disciplinas, havendo lacunas naquelas voltadas às tecnologias da construção. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar a aplicação da RV no ensino de sistemas e materiais construtivos em uma disciplina de Arquitetura e Urbanismo, no intuito de contribuir para melhor entendimento dos assuntos abordados em sala de aula. A metodologia incluiu: 1. pesquisa bibliográfica; 2. definição de plano de ação para realização da experiência didática; 3. organização e aplicação do exercício; 4. registro e conclusões quanto aos resultados. A experiência didática abordou o uso da RV para visualização e interação com determinado sistema construtivo, considerando a imersão e manipulação de modelos 3D. O exercício contribuiu com uma vivência similar à prática construtiva, a partir de uma atividade interativa com uso da RV. Embora promissor**,** foram identificados os seguintes desafios: limitações no uso dos *software* e equipamentos, além da curva de aprendizado para seu manuseio.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Ensino. Tecnologias da construção. Sistemas construtivos.

Abstract

Virtual Reality (VR) has been explored in teaching practices, with notable use in Architecture and Urbanism courses. However, these applications are not equally explored across different subjects, with gaps particularly in construction technology courses. In this context, the present work aims to investigate the application of VR in teaching construction systems and materials

Como citar:
SILVA, J.P.P. et al. Realidade Virtual como ambiente para o ensino de sistemas e materiais construtivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

in an Architecture and Urbanism course, in order to contribute to a better understanding of the topics covered in the classroom. The methodology included: 1. bibliographic research; 2. definition of an action plan for conducting the didactic experience; 3. organization and application of the exercise; 4. recording and conclusions regarding the results. The didactic experience addressed the use of VR for visualization and interaction with a specific construction system, considering the immersion and manipulation of 3D models. The exercise provided an experience similar to practical construction work through an interactive activity using VR. Despite its promise, the following challenges were identified: limitations in the use of software and equipment, as well as the learning curve for their handling.

Keywords: Virtual Reality. Teaching. Construction Technologies. Construction Systems.

INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) é uma interface computacional que oferece aos usuários uma experiência imersiva e multissensorial em ambientes sintéticos, simulados digitalmente [01]. Essa tecnologia permite que os usuários visualizem, manipulem e interajam, com um ambiente virtual tridimensional complexo [02], por meio de dispositivos especializados, como óculos de realidade virtual, proporcionando uma sensação de presença e envolvimento dentro desse ambiente simulado.

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma aplicação de experiência didática que emprega a RV como ambiente de ensino-aprendizagem dentro de sala de aula, para o ensino de métodos, sistemas e materiais construtivos, em um contexto de formação em arquitetura e urbanismo. A experiência didática se insere em um projeto de pesquisa em andamento, cujo objetivo consiste na realização de ações que adotam a realidade virtual (RV) e a realidade aumentada (RA) dentro do sistema de ensino de projeto em arquitetura, urbanismo e design, a fim de entender os seus possíveis impactos e melhores modos de aplicação.

De acordo com uma pesquisa recente da Exactitude Consultancy [03], essa técnica imersiva apresenta potencial de expansão, sendo destaca a ampla aplicação da RV. Além dos setores tradicionais como jogos e entretenimento, a RV está ganhando destaque em setores da saúde, educação, automotivo, imobiliário e manufatura. Suas aplicações incluem treinamento, simulações, reuniões virtuais e visualização de projetos, demonstrando seu potencial transformador em várias indústrias.

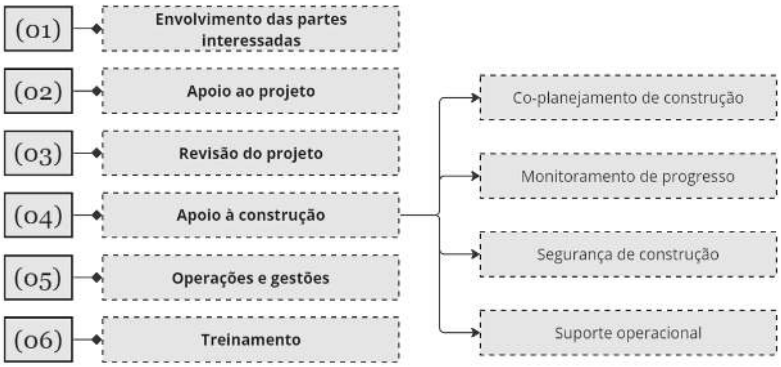
Nesse contexto, é importante trazer uma compreensão abrangente do uso da RV na indústria da construção civil, a partir de suas aplicações em Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) para, em seguida, aprofundar o conhecimento sobre como essa tecnologia está sendo aplicada no contexto do ensino.

Primeiramente, em relação ao uso da RV na indústria AEC, as aplicações da realidade virtual nesses setores incluem revisão e suporte de projetos, assistência durante a construção, operações de gestão, treinamento em segurança e apoio à tomada de decisões [02]. Em uma pesquisa de métodos qualitativos e quantitativos, Davila[04] classifica o uso de RV e RA na AEC em seis possíveis aplicações. Para a análise qualitativa, foram realizados workshops exploratórios e discussões em grupos focais (FGDs) com especialistas do setor da AEC, pertencentes à rede de pesquisa chamada Vision Network. Em paralelo, um questionário foi desenvolvido para quantificar os

níveis gerais de adoção e identificar casos de uso específicos, abordando aspectos quantitativos.

A Figura 01 apresenta essa classificação, quanto ao uso de RA e RV, com foco nas práticas para apoio à construção, sendo elas: (01) Envolvimento das partes interessadas - utilização para interagir com clientes e o público, facilitando comunicação e *feedback*; (02) Apoio ao projeto - uso no processo de design e planejamento de projetos para uma visualização mais detalhada; (03) Revisão do projeto - análise e revisão de projetos de construção para identificar melhorias ou problemas; (04) Apoio à construção - assistência em várias etapas do processo de construção, incluindo planejamento, monitoramento e segurança; (05) Operações e gestão - uso para facilitar a gestão e as operações de ativos construídos; (06) Treinamento - provisão de treinamento imersivo e prático para profissionais da indústria da construção por meio de simulações realistas.

Figura 01. Classificação de possíveis aplicações da realidade virtual e aumentada na indústria da AEC



Fonte: adaptado de Davila [04]

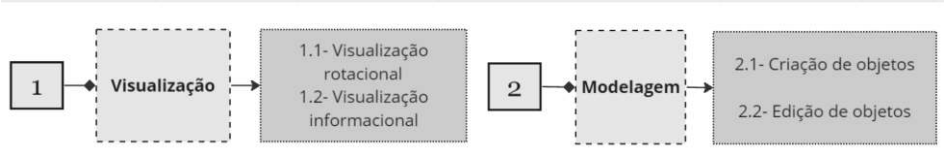
Como apoio ao projeto, o estudo também destaca o exemplo de Berg e Vance [05], no qual a RV é utilizada para auxiliar os designers a identificar as consequências de suas escolhas projetuais e a ter uma melhor compreensão do resultado final. Os autores propõem o uso da RV para visualizar e interagir com a geometria de um produto e com a sua linha de montagem em escala real, permitindo uma compreensão mais clara das preocupações de visibilidade, dos movimentos dos operadores e das folgas operacionais. Além disso, revelaram-se problemas em projeto que trouxe alterações que melhoraram os processos de montagem. A partir desses resultados, o exemplo demonstra benefícios que se repercutem na etapa de execução da obra.

No que diz respeito ao campo da educação, a RV demonstra ser uma ferramenta promissora, especialmente no ensino de arquitetura e urbanismo. Por meio da RV, os alunos podem realizar uma análise minuciosa e variada do espaço, permitindo uma compreensão crítica e qualitativa sob diferentes perspectivas, além de prever impactos e alterações no ambiente construído [01][02].

A revisão da literatura realizada por Lima et al. [01] selecionou e classificou experiências didáticas do uso da RV, RA e RM(Realidade Mista) no ensino e processo de projeto em Arquitetura e Urbanismo. Dentro dessa classificação, são apresentados

possíveis modos de interação com o modelo virtual em aplicações com foco na aprendizagem, incluindo visualização e modelagem, e suas respectivas subcategorias (Figura 02). No caso da visualização, foram identificadas: 1. "visualização rotacional", por meio da visualização e rotação geométrica do modelo; 2. "visualização informacional", com a visualização de informações adicionais para um entendimento maior sobre o objeto estudado. Quanto à modelagem, foram analisadas duas abordagens, consideradas ativas: 1. criação de novos objetos; 2. edição de objetos pré-existentes no modelo.

Figura 02: Possíveis modos de interação com o modelo XR em foco na aprendizagem



Fonte: Lima et al. [01], adaptado de Silva e Groetelaars [06]

A partir desses resultados, os exemplos destacam diferentes formas de utilização e os benefícios do uso da RV no processo de projeto em Arquitetura e Urbanismo. No entanto, a revisão sistemática da literatura [01] demonstra poucas informações no que se refere ao uso da RV em aplicações no ensino de sistemas e materiais construtivos.

Essa lacuna na literatura também foi observada na pesquisa de Sami Ur Rehman [07], que conduziu um experimento didático envolvendo dois grupos de 45 alunos. O objetivo era identificar erros e irregularidades em uma sequência de construção apresentada aos participantes por meio da RV. A tecnologia permitiu aos alunos explorarem ambientes virtuais imersivos em 360 graus, facilitando a visualização de projetos complexos e fornecendo uma experiência eficaz na apresentação de informações de sequenciamento. Com isso, em comparação com métodos tradicionais de ensino, a RV demonstrou aumentar o potencial criativo dos alunos, melhorar a visualização de projetos complexos e auxiliar na compreensão de conceitos do curso.

A revisão da literatura revela o potencial da RV no ensino de gestão de construção, com resultados positivos em arquitetura, construção e educação, e identifica algumas formas de uso da ferramenta. No entanto, ainda há uma lacuna quanto a exemplos práticos e aplicações específicas no ensino de sistemas e materiais construtivos na arquitetura. O estudo proposto neste artigo busca contribuir no preenchimento dessa lacuna ao aplicar a RV de forma prática para o ensino de aspectos técnicos da construção, fornecendo um exemplo detalhado que, não só complementa o conhecimento sobre o tema, mas também aprimora o ensino do ambiente construído em sala de aula.

MÉTODO

A pesquisa é caracterizada como exploratória, e desenvolve-se a partir da aplicação de um estudo de caso, executado a partir das seguintes etapas: 1. pesquisa bibliográfica sobre a aplicação da RV, tanto na indústria da construção civil como no ensino de arquitetura e urbanismo; 2. definição de um plano de ação para a realização da

experiência didática; 3. organização do material didático e aplicação em sala de aula; 4. registro e conclusões quanto aos resultados da experiência didática.

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico de estudos e aplicações existentes sobre a implementação da RV na construção civil. Para esse levantamento, foram utilizados como fonte, repositórios de trabalhos e eventos acadêmicos, com o intuito de identificar como a RV vem sendo utilizada, a partir de outras experiências dentro do meio acadêmico e no mercado, voltados à construção civil. O resultado identificou o cenário apresentado na introdução, incluindo a classificação dos estudos que aplicam RA e RV na indústria da AEC (Figura 1) e exemplos de referência.

Para o planejamento da experiência didática, desenvolveu-se um plano de ação para objetos de aprendizagem, a fim de se organizar e padronizar o processo de aplicação, tornando-o mais claro e passível de ser avaliado para possíveis aplicações posteriores. O formato do plano busca relacionar conteúdos trabalhados, público-alvo, objetivos e meios de aplicação, além dos pré-requisitos necessários para garantir que um resultado efetivo. O modelo do plano de ação segue a seguinte estrutura 5W2H proposta por Borges [08]: Para o ensino de [WHAT], em [WHERE], procura-se facilitar a aprendizagem de [WHO] ao buscar [WHY] através de [HOW]. Tal processo pode ser iniciado [WHEN], e tem como pré-requisito [HOW MUCH].

A experiência didática resultou em um exercício que teve como público-alvo estudantes de arquitetura e urbanismo e considerou a implementação da realidade virtual no ensino-aprendizagem de métodos, sistemas e materiais construtivos. Nesse sentido, a aplicação do exercício teve como intuito que os alunos pudessem utilizar a imersão em um modelo virtual em escala real para visualizar as etapas de execução de obra, com ênfase nos processos construtivos de um determinado sistema da edificação.

Para a organização do exercício, foram considerados como meios: 1. modelo e ambiente virtual pronto para imersão; 2. configuração dos equipamentos necessários; 3. material didático complementar sobre o uso dos equipamentos.

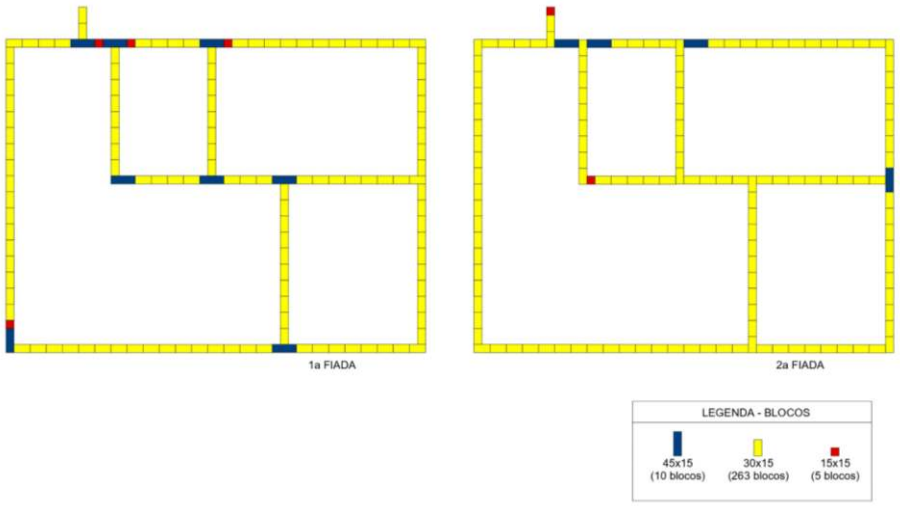
O modelo digital com o sistema construtivo a ser apresentado foi desenvolvido em *Building Information Modeling* (BIM), a partir do *software* Archicad (Graphisoft), enquanto o ambiente para imersão em RV foi preparado no *software* Arkio (Arkio ehf. ©), devido à sua interface intuitiva e possibilidade de se realizar tanto modelagem tridimensional própria, quanto importar modelos em BIM.

Em relação aos equipamentos, utilizaram-se o *headset* de RV Oculus Quest 2 para imersão em ambiente virtual, notebook e projetor para projeção do exercício para toda a turma, além de cabos e conexão wi-fi para interação entre *headset* e notebook.

Na sequência, o exercício planejado foi aplicado durante uma aula expositiva em uma disciplina voltada ao estudo de sistemas e materiais construtivos, presente na grade curricular de um curso de arquitetura e urbanismo. A atividade solicitou que os estudantes montassem duas fiadas de blocos cerâmicos em alvenaria estrutural, a partir de objetos disponibilizados em ambiente virtual e um gabarito de planta baixa configurada para uma Habitação de Interesse Social (HIS).

A planta baixa da residência foi disponibilizada como imagem na base do modelo (Figura 03), com as duas primeiras fiadas, além da família de blocos cerâmicos como objetos virtuais. Por se tratar de um primeiro exercício, as plantas foram simplificadas para apresentar apenas os encontros entre alvenarias, sem interface com outros sistemas, como as esquadrias.

Figura 03: Planta baixa das primeiras fiadas da residência proposta para o exercício



Fonte: elaborado pelos os autores.

O principal objetivo do exercício foi que os estudantes compreendessem o processo de execução do sistema construtivo em questão, a partir da imersão e manipulação dos elementos em escala real, por meio da RV. Para a coleta de dados, foi feita a observação participante, e seus registros foram realizados pela docente e por dois monitores da disciplina. Tais registros foram analisados para identificar os principais benefícios e dificuldades da aplicação da RV no contexto do exercício.

APLICAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA E RESULTADOS

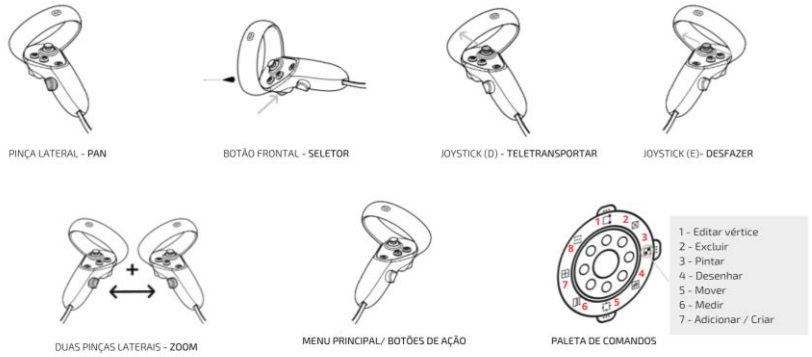
A disciplina em que foi realizada a experiência didática apresenta-se como uma introdução ao conhecimento das propriedades dos materiais de construção no contexto da obra, com ênfase na apreensão de seus aspectos qualitativos. Busca-se o desenvolvimento da "consciência construtiva" dos estudantes, a partir da compreensão dos sistemas, técnicas, materiais e equipamentos presentes nas etapas iniciais da obra.

A experiência didática foi realizada no semestre de 2023.2 em uma turma de 25 alunos matriculados. A atividade proposta solicitou que os estudantes realizassem um exercício de imersão para a simulação de montagem de um sistema em alvenaria estrutural.

Em relação ao material disponibilizado, considerando-se que os estudantes não possuíam conhecimento sobre o equipamento, foi desenvolvido um material ilustrado com os principais comandos e movimentos a serem aplicados aos controles para a realização do exercício (Figuras 04 e 05).

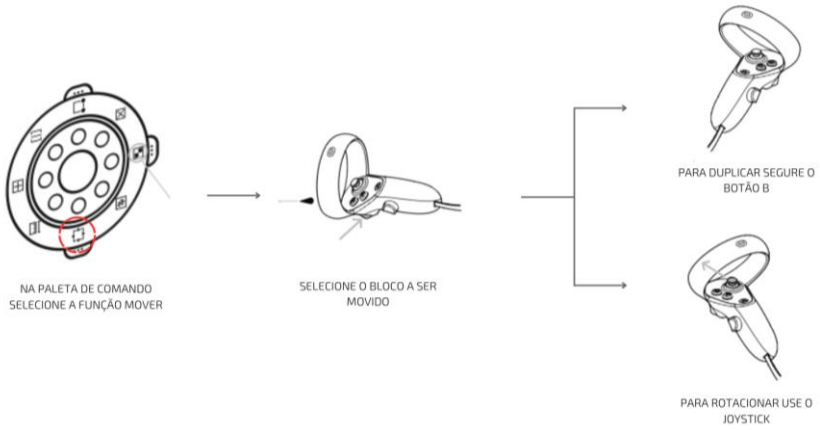
Com relação ao processo de elaboração do exercício, foi necessário preparar o ambiente virtual e realizar testes prévios no intuito de se evitar possíveis problemas na aplicação em sala de aula.

Figura 04: Material didático para manuseio dos controles com base no software Arkio



Fonte: adaptado de https://support.arkio.is/hc/en-us.

Figura 05: Material didático para manuseio dos blocos para realização do exercício



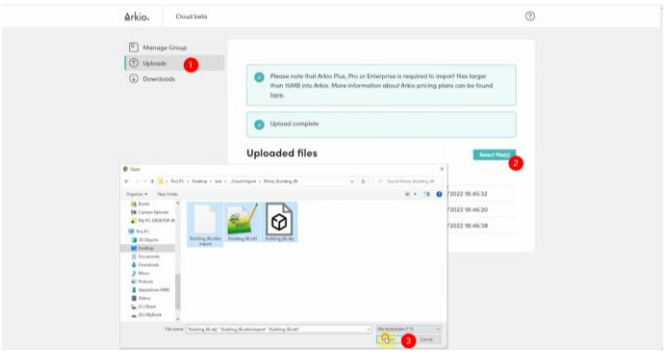
Fonte: adaptado de https://support.arkio.is/hc/en-us.

Inicialmente tentou-se importar os blocos cerâmicos em BIM e uma imagem da planta baixa das fiadas (gabarito) (Figura 06). Porém, apesar do Arkio disponibilizar uma plataforma online para inserção de arquivos em formato objeto (.obj) ou pdf, ao importar-se os blocos cerâmicos a partir de objetos BIM, sentiu-se dificuldade com comandos de manuseio, como o ato de rotacionar, por isso optou-se por remodelar os blocos na própria interface do Arkio, baseando-se no dimensionamento dos blocos advindos do BIM.

Visando a criação de um ambiente interativo que permitisse a manipulação simultânea dos blocos por mais de uma pessoa no mesmo modelo, executou-se testes nas salas virtuais disponibilizadas pela interface do Arkio, que possibilita a interação de diferentes usuários em um mesmo espaço virtual. Entretanto, ao se perceber que o uso das salas virtuais exigiria mais da estabilidade da conexão com a rede disponível pela universidade, descartou-se essa interação conjunta. Como alternativa para um acompanhamento mais coletivo da dinâmica, optou-se por apresentar para toda a

turma as atividades desenvolvidas por quem estivesse utilizando os óculos, através do emparelhamento dos óculos de imersão com notebook e projetor.

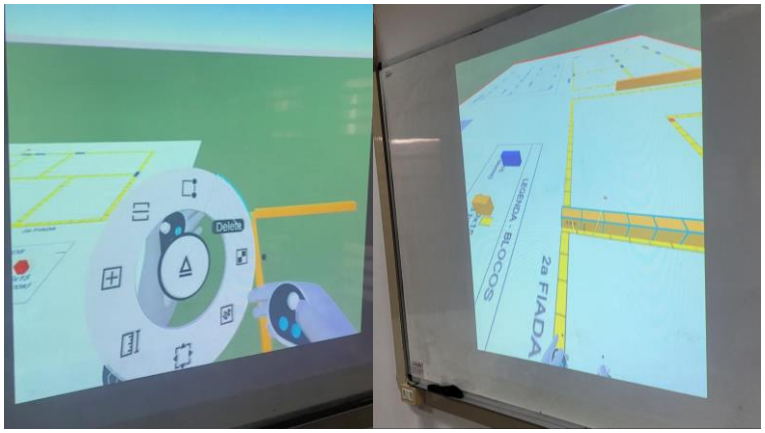
Figura 06: Ambiente computacional do Arkio para gerenciar modelos importados;



Fonte: adaptado de https://support.arkio.is/hc/en-us.

A aplicação da atividade foi realizada na segunda etapa da disciplina, onde o foco do conteúdo está na compreensão dos sistemas construtivos e sua forma de execução. Para dar início ao experimento em sala, foi realizada uma apresentação sobre os comandos necessários para manuseio dos controles na realização do exercício, além de fornecer o material didático previamente desenvolvido para auxiliar na condução do experimento.

Figura 07: Apresentação sobre os comandos do *software* em sala, demonstrando como posicionar os blocos cerâmicos no gabarito das fiadas, já disponível no ambiente virtual;



Fonte: elaborado pelos os autores.

Na sequência, o experimento contou com a participação de alunos que se voluntariaram para realizar o exercício prático, sendo necessário dividi-los em equipes, compostas por trios e quartetos, para que pudessem compartilhar as tarefas e se ajudar mutuamente.

Para a realização do experimento, estavam disponíveis dois óculos de realidade virtual (RV), dois notebooks e um projetor, através do qual foi apresentada a imersão de uma das equipes para o restante da turma. Assim, foi possível que duas equipes participassem por vez, com apenas um integrante de cada equipe utilizando o equipamento de imersão, enquanto os demais membros, com uma versão impressa da planta baixa com o gabarito das fiadas, ajudavam para o direcionamento do colega

que estava na atividade de imersão e não tinha uma visão de topo da planta baixa como um todo.

Ao longo do estudo, foram identificadas diversas dificuldades que precisam ser abordadas para a melhoria de implementações futuras da RV. Um dos principais desafios encontrados é o tempo necessário para que os estudantes se familiarizem com os controles e comandos do equipamento de imersão, além do manuseio correto dos elementos em ambiente virtual - no caso do exercício apresentado, os blocos durante a montagem das fiadas.

Para a realização do experimento, inicialmente haviam sido previstos, em média, 20 minutos para cada estudante utilizar os óculos de RV para a montagem de pelo menos 2 fiadas da planta disponibilizada. Contudo, os alunos encontraram dificuldades para finalizar o exercício no tempo disponível, não sendo possível terminar as 2 fiadas antes de ser necessária a alternância para o próximo colega, mesmo considerando tempo adicional para o exercício. Assim, ao final de cerca de 2 horas de aula, foi possível a participação de apenas 8 estudantes utilizando de fato os equipamentos de imersão (32% da turma), o que contabilizou uma média de 30 minutos para cada estudante, considerando 2 óculos de imersão em uso simultâneo.

Nesse caso, mesmo com a apresentação inicial das instruções e material didático para consulta, observou-se que a navegação no ambiente virtual exige um determinado tempo e prática, destacando-se a importância de uma abordagem gradual e orientada para a execução do exercício.

Outra questão crucial diz respeito à infraestrutura necessária para suportar o uso de todo potencial da RV no ambiente educacional. A capacidade limitada das baterias dos óculos apontou necessidade de recarga antes do final da aula, mesmo que os óculos tivessem iniciado a aula completamente carregados, o que interrompeu o fluxo das atividades de ensino e prejudicou a continuidade da experiência imersiva. Além disso, a estabilidade da rede para o emparelhamento dos óculos de RV com os notebooks era fundamental para uma participação dos estudantes que não estavam em imersão, considerando que só havia 2 óculos disponíveis. Porém, problemas de conectividade ocasionalmente afetaram a experiência dos alunos, ressaltando a necessidade de investimentos em infraestrutura de rede para suportar adequadamente a implementação da RV no currículo.

Apesar desses desafios iniciais, os resultados da experiência didática permitiram identificar o potencial da aplicação da Realidade Virtual (RV) na compreensão de etapas de execução de obras e de métodos construtivos. Evidência disso é que, no exercício aplicado, observou-se que a imersão no ambiente virtual proporcionou uma melhor compreensão por parte dos estudantes sobre como ocorria a alternância de fiadas nos encontros entre alvenarias e os desencontros das juntas entre os blocos, uma vez que eles precisavam garantir a ausência de juntas a prumo e o fechamento das fiadas, se locomovendo pelo modelo virtual e manipulando diretamente os blocos. Esse nível de detalhe costuma trazer dúvidas ou passar despercebido quando o aprendizado ocorre apenas por meio da visualização de desenhos 2D ou 3D, o que tornou a experiência de aprendizado por imersão mais interativa e ampliada.

Observou-se também um alto grau de motivação e envolvimento dos estudantes que realizaram a atividade de imersão, ficando as ocorrências de interrupção do exercício apenas em razão de limitações técnicas ou de tempo.

CONCLUSÃO

O presente artigo partiu de uma compreensão de como a Realidade Virtual (RV) vem sendo aplicada na indústria da AEC, inclusive em experiências de ensino e aprendizagem. No entanto, percebeu-se que no âmbito dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, essa aplicação ainda carece de maiores investigações em áreas voltadas para as tecnologias da construção, especificamente ao ensino de sistemas e materiais construtivos.

A partir da aplicação da experiência didática desenvolvida, busca-se contribuir para as lacunas encontradas nesse cenário, aplicando uma atividade de imersão que considera, não apenas a visualização do modelo, mas a criação de novos objetos dentro do espaço modelado e a edição de objetos pré-existentes, o que enfatiza a aprendizagem ativa, conforme classificação identificada no referencial teórico [01].

Apesar das dificuldades identificadas durante o exercício, os benefícios percebidos no entendimento dos conceitos abordados, e o maior envolvimento alcançado com dinâmicas de imersão que simulam a vivência em canteiro de obras, sugerem a importância de esforços para superar as limitações técnicas e práticas da RV. Com isso, se faz necessário investimentos de ordem tecnológica e de infraestrutura visando corrigir os problemas identificados, na busca de uma integração bem-sucedida da RV no currículo educacional em arquitetura e urbanismo, considerando o aprendizado da prática projetual, associada às práticas construtivas.

AGRADECIMENTOS

O estudo é parte do projeto LEDrX - Realidades Expandidas no Processo de Projeto, desenvolvido pelo Laboratório de Experiência Digital da UFC, contando com financiamento adquirido no edital *Higher Ed XR Innovation Grant*, em parceria pelos programas *Meta Immersive Learning* e *Unity Social Impact*, da plataforma *Unity Engine.*

REFERÊNCIAS

[1] LIMA, M.S *et. al.* Systematization of Scientific Production of Extended Reality in Teaching and Design Process in Architecture and Urbanism. **XXVII SIGraDi Conference 2023**, Punta del Este, Maldonado, Uruguai. CuminCAD, p.1397-1408, 2023

[2] SELVAPRASANTH, P.; KARTHIGAIPRIYA, T.; JOHN, J. Adoption of Virtual Reality in Construction Projects. **Journal of University of Shanghai for Science and Technology**, [*s. l.*], v. 23, p. 476–490, 2021.

[3] PURUSHOTTAM, K *et al.* A Review on Virtual Reality and Augmented Reality in Architecture, Engineering and Construction Industry. **International Journal for Modern Trends in Science and Technology**, [*s. l.*], v. 7, p. 28–33, 2021.

[4] DAVILA DELGADO, M. *et al.* A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. **Advanced Engineering Informatics**, [*s. l.*], v. 45, p. 101122, 2020.

[5] BERG, L. P.; VANCE, J. M. An Industry Case Study: Investigating Early Design Decision Making in Virtual Reality. **Journal of Computing and Information Science in Engineering**, [*s. l.*], v. 17, n. 011001, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1115/1.4034267. Acesso em: 31 de maio de 2024.

[6] SILVA, G. L., GROETELAARS, N. J.. Uso de modelos BIM em realidade virtual e aumentada: Panorama de aplicações e ferramentas. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO**, 3, p.1–13, 2021 https://doi.org/10.46421/sbtic.v3i00.565

[7] SAMI UR REHMAN, M.; ABOUELKHIER, N.; SHAFIQ, M. T. Exploring the Effectiveness of Immersive Virtual Reality for Project Scheduling in Construction Education. **Buildings**, [*s. l.*], v. 13, n. 5, p. 1123, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/13/5/1123. Acesso em: 31 de maio de 2024.

[8] BORGES, R.M.S. **Ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia por meio de objetos de aprendizagem BIM.** 2022. 240 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66044. Acesso em: 24 de maio de 2024