

A REVOLUÇÃO IMERSIVA NA ENGENHARIA E ARQUITETURA: APRIMORANDO O CENÁRIO EDUCACIONAL COM A REALIDADE VIRTUAL

Antônio Marcos Rodrigues Batista¹

Eder José Almeida da Silva¹

Jeniffer Ferraz Pires¹

Wosney Ramos de Souza¹

Natasha Sophie Pereira¹

Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA¹

RESUMO

Introdução: A incorporação de tecnologias digitais imersivas, em particular a Realidade Virtual (RV), apresenta potencial transformador para o ensino em Engenharia Civil e Arquitetura, promovendo aprendizagem ativa e experiências de visualização espacial não alcançáveis em ambientes tradicionais. **Objetivo:** Implementar modelos virtuais dos Blocos A, B e C do campus da UniEVANGÉLICA e avaliar a viabilidade pedagógica e técnica da utilização da RV como recurso de apoio ao ensino e à interação colaborativa entre estudantes. **Métodos:** A metodologia combinou modelagem arquitetônica em Autodesk Revit, conversão e adaptação dos modelos para ambientes 3D interativos e disponibilização via plataforma Mozilla Hubs. Realizou-se levantamento *in loco* dos blocos, processamento de modelos (texturização e otimização para web), e testes piloto com estudantes e docentes para avaliação de usabilidade e aprendizagem. As métricas propostas incluem indicadores de percepção espacial, usabilidade (questionários SUS adaptados) e observação qualitativa das interações colaborativas. Espera-se a virtualização fidedigna dos Blocos A, B e C, com ambientes navegáveis e suporte a interação multiusuário. **Resultados:** Resultados preliminares evidenciam ganhos na compreensão espacial e facilitação de atividades colaborativas, além de desafios técnicos decorrentes da descontinuação da plataforma Mozilla Hubs, superados através do desenvolvimento de infraestrutura local própria. A virtualização do campus configura-se como recurso promissor para ampliar experiências práticas e colaborativas nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura, recomendando-se continuidade no refinamento técnico, integração curricular e avaliação quantitativa ampliada.

Palavras-chave: Realidade Virtual; Ensino- Aprendizado; BIM; Educação 4.0.

INTRODUÇÃO

A emergência das tecnologias digitais imersivas tem modificado substancialmente o cenário educacional, especialmente em áreas que dependem intrinsecamente da representação espacial e da visualização de projetos, como Engenharia Civil e Arquitetura. Nesse contexto, a Realidade Virtual (RV) desponta como uma ferramenta transformadora, alinhada às novas demandas pedagógicas e tecnológicas. A RV possibilita a construção de ambientes tridimensionais navegáveis que permitem ao estudante experimentar, manipular e colaborar em modelos arquitetônicos com um alto grau de imersão, superando as limitações dos métodos tradicionais de ensino. Estudos recentes corroboram o potencial da RV para aprimorar a compreensão de projetos complexos e otimizar o processo de ensino-

aprendizagem. Pesquisas indicam que o uso da RV auxilia os estudantes a entenderem melhor projetos tridimensionais (Calderon-Hernandez, 2019), promovendo uma análise qualitativa mais direta e intuitiva das características espaciais da informação (Fosse, 2003). A capacidade de "imersão", definida como a ilusão de uma realidade distinta proporcionada pelo sistema computacional (Tori e da Silva Hounsell, 2018), é fundamental para essa nova abordagem pedagógica.

Este trabalho parte do diagnóstico das potencialidades da RV para propor, implementar e avaliar a virtualização dos blocos A, B e C do campus da UniEVANGÉLICA como recurso complementar às práticas docentes. A iniciativa busca oferecer aos discentes uma experiência de aprendizado mais rica e interativa, que transpõe as barreiras entre a teoria e a prática e os prepara de forma mais eficaz para os desafios da profissão. A criação de um "gêmeo digital" do ambiente universitário permitirá a exploração e a interação com o espaço construído de uma maneira até então inédita no contexto da instituição.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia foi estruturada em processo sistemático e interativo, iniciando com o levantamento de dados e requisitos através da inspeção *in loco* e coleta de plantas baixas, cortes e elevações dos Blocos A, B e C, em parceria com o departamento de Engenharia Civil. Este processo fundamenta a criação de modelos digitais fidedignos, crucial para a precisão do ambiente virtual (Eastman et al., 2011). Na modelagem BIM, os dados arquitetônicos foram utilizados para desenvolver modelos tridimensionais no Autodesk Revit. A plataforma BIM permitiu criar modelos paramétricos inteligentes com precisão geométrica, assegurando fidelidade visual e otimização para etapas subsequentes (Gu & London, 2010).

A preparação para RV envolveu otimização poligonal (redução de malha) e aplicação de texturas realistas, processos essenciais para desempenho em tempo real e qualidade visual. Os modelos foram exportados para WebXR e hospedados no Mozilla Hubs, escolhida por sua acessibilidade e interação multiusuário (Mozilla, 2021). A descontinuação posterior da plataforma configurou desafios técnicos específicos. Os testes de usabilidade incluíram configuração de avatares, pontos de interesse e ferramentas de anotação, com testes-piloto em grupo de estudantes ($n \approx$

20–30) para coletar dados sobre usabilidade, percepção espacial e receptividade pedagógica (Baceviciute et al., 2021).

A análise de dados empregou métodos mistos: instrumentos quantitativos (questionário *System Usability Scale* e escalas de satisfação) para mensurar objetivamente a experiência, e entrevistas semiestruturadas com observação participativa para dados qualitativos aprofundados. Os resultados fundamentaram revisões técnicas e refinamentos, estabelecendo ciclo de desenvolvimento ágil focado na melhoria contínua.

RESULTADOS

Os resultados preliminares evidenciam progressos e obstáculos técnicos na implementação de plataformas de Realidade Virtual descontinuadas em contextos educacionais. A seleção do Mozilla Hubs apresentou complexidade considerável devido à descontinuação oficial em 2023, resultando em documentação fragmentada e ausência de suporte oficial. A limitação de documentação atualizada demandou abordagem exploratória para configuração do ambiente, obstáculos característicos de projetos que dependem de tecnologias em fim de vida útil (Mens & Demeyer, 2008).

Apesar das limitações, a equipe obteve êxito na configuração do *frontend* Mozilla Hubs, validando interface de usuário e funcionalidades essenciais de navegação virtual. O *frontend* demonstrou compatibilidade satisfatória com navegadores modernos e dispositivos diversos, confirmando viabilidade técnica da solução. A configuração do *backend* apresentou maior complexidade na implementação de banco de dados local e gestão de certificados SSL, com principais dificuldades concentradas nos certificados digitais necessários às funcionalidades WebRTC e WebXR.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstra a viabilidade técnica e relevância pedagógica da Realidade Virtual (RV) como ferramenta complementar ao ensino de Engenharia Civil e Arquitetura. A implementação do protótipo funcional para os blocos A, B e C da UniEVANGÉLICA, apesar dos desafios com a descontinuação da Mozilla Hubs, evidencia que a tecnologia oferece *affordances* educacionais transformadoras para o desenvolvimento de competências espaciais e colaborativas (Guttentag, 2010).

O ambiente imersivo proporcionou experiências de aprendizagem ativas e contextualizadas, superando limitações dos métodos tradicionais através da exploração tridimensional de modelos arquitetônicos complexos (Dalgarno & Lee, 2010). As funcionalidades colaborativas demonstraram eficácia na comunicação interpares e resolução colaborativa de problemas espaciais. Os desafios técnicos geraram conhecimentos valiosos sobre implementação de sistemas de RV, contribuindo para o entendimento sobre sustentabilidade de soluções tecnológicas educacionais. A infraestrutura local desenvolvida (*backend* próprio, banco de dados e certificação SSL) demonstra viabilidade de soluções autônomas para instituições com recursos limitados.

Como investigação exploratória, identificam-se oportunidades futuras: migração para computação em nuvem para acesso em larga escala; incorporação dos blocos D e E; validação pedagógica rigorosa através de estudos longitudinais e *learning analytics*; interoperabilidade com ferramentas BIM; e investigação de usabilidade multiplataforma. Os resultados posicionam o projeto como contribuição significativa na implementação de RV educacional autônoma em instituições brasileiras, demonstrando que limitações orçamentárias podem ser superadas através de abordagens inovadoras e colaboração interdisciplinar, contribuindo para a democratização de tecnologias imersivas no ensino superior nacional.

REFERÊNCIAS

- ¹BACEVICIUTE, Sandra; PAMSARI, Angga S.; RASMUSSEN, Mette K. Usability of virtual reality applications: A systematic literature review. *Informatics in Education*, v. 20, n. 2, p. 195-214, 2021.
- ²BASS, Len; CLEMENTS, Paul; KAZMAN, Rick. *Software Architecture in Practice*. 4. ed. Boston: Addison-Wesley, 2021.
- ³CALDERON-HERNANDEZ, Gerardo; LAGES, Wallace. Assessing the impact of immersive virtual reality on the learning of spatial envelopes for introductory architectural design students. In: *ACADIA 2019: UBIQUITY AND AUTONOMY*, 2019, Austin. *Proceedings...* Austin: ACADIA, 2019. p. 308-317.
- ⁴CIGNONI, Paolo; GANOVELLI, Fabio. Web-based 3D visualization for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, v. 14, n. 2, p. 1-22, 2021.

⁵DALGARNO, Barney; LEE, Mark J. W. What are the learning affordances of 3D virtual environments?. *British Journal of Educational Technology*, v. 41, n. 1, p. 10-32, 2010.

⁶DEDE, Chris. Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, v. 323, n. 5910, p. 66-69, 2009.

⁷EASTMAN, Chuck et al. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

⁸FOSSE, J. A. Uma Contribuição à Utilização da Realidade Virtual na Análise Qualitativa de Iluminação Natural em Projetos de Edificações. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

⁹GU, Ning; LONDON, Kerry. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, v. 19, n. 8, p. 988-999, 2010.

¹⁰GUTTENTAG, Daniel A. Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, v. 31, n. 5, p. 637-651, 2010.

¹¹JARMON, Leslie et al. Virtual world teaching, experiential learning, and assessment: An interdisciplinary communication course in Second Life. *Computers & Education*, v. 53, n. 1, p. 169-182, 2009.

¹²JERALD, Jason. *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. San Rafael: Morgan & Claypool Publishers, 2015.

¹³MENS, Tom; DEMEYER, Serge. *Software Evolution*. Berlin: Springer-Verlag, 2008.

¹⁴MOZILLA. Hubs by Mozilla. 2021. Disponível em: <https://hubs.mozilla.com/>. Acesso em: 15 mar. 2023

¹⁵PELLAS, Nikolaos et al. Augmenting the learning experience in primary and secondary school education: a systematic review of recent trends in augmented reality game-based learning. *Virtual Reality*, v. 23, n. 4, p. 329-346, 2019.

¹⁶TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo S. (Org.). *Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia, Aplicações e Tendências*. Curitiba: Editora CRV, 2018.