XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO
VIII ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
Do conhecimento à ação: práticas avançadas de gestão da produção
Londrina, Paraná, Brasil. 23 a 25 de Outubro de 2019

USO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NO ENSINO DE SEGURANÇA DO TRABALHO NA GRADUAÇÃO

FAZINGA, Wanessa R (1); LUCENA, Arthur F. E (2); SAFFARO, Fernanda A (3)

(1) Universidade Estadual de Londrina/DCCI, (43) 33714460, e-mail: wanessa@uel.br (2) Universidade Estadual de Londrina/DCCI, (43) 33714460, e-mail: eng.arthurlucena@gmail.com (3) Universidade Estadual de Londrina/DCCI, (43) 33714460, e-mail: saffaro@uel.br

ABSTRACT

Technologies such as virtual reality and augmented reality are recognized by the construction industry as promising tools for visualization and simulation of the workplace. Regarding occupational safety education for undergraduate students, simulations and immersive experiences on the construction site can be useful resources to accomplish better understanding, especially concerning risk identification. This article aims to evaluate the acceptance and adaptation of civil engineering academic students in the use of virtual and augmented reality for the safety management of construction sites. An expository class of nine hours divided into three meetings was used to present concepts regarding virtual and augmented reality and their uses into the civil construction industry. Then, the students had to develop resources using these technologies to improve safety management in construction sites. Organized in groups, they presented their proposals to each other, experimenting with virtual and augmented reality mobile apps for various areas and activities on the construction site. Three proposals developed by the students were selected to be better detailed in this article. Analyzing these proposals, it was concluded that the students had improved their abilities to identify risks at the workplace, choose adequate personal protective equipment and develop strategies for training employees regarding safety practices.

Keywords: *Visualization technologies, Construction sites, Civil Engineering.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil brasileira é uma das atividades econômicas do país que mais registram ocorrências de acidentes de trabalho (MPT, 2019). Os gestores de obras são fundamentais para evitar a ocorrência desses eventos, uma vez que devem protagonizar a tomada de decisões relativas à segurança do ambiente de trabalho e liderar a instauração de uma cultura de segurança entre a equipe (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2013; GUNDUZ; LAITINEN, 2018). Entretanto, frequentemente esses profissionais não exercem adequadamente suas funções. Para Saurin e Ribeiro (2000), muitos gestores negligenciam aspectos da segurança do ambiente de trabalho, dedicando pouco tempo para refletir sobre o tema. Segundo esses autores, há certo conformismo com as práticas vigentes no setor. Isso é evidente, por exemplo, na introdução de novos recursos tecnológicos no ambiente de trabalho, como a realidade virtual e aumentada. Ainda que os recursos tenham seu potencial reconhecido pela indústria da construção enquanto instrumentos de visualização e simulação altamente

FAZINGA, W. R.; LUCENA, A. F. E.; SAFFARO, F. A. Uso de realidade virtual e aumentada no ensino de segurança do trabalho na graduação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 11., 2019, Londrina. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/417

imersivos e engajadores (WANG et al., 2018), seus efetivos usos nos canteiros de obras são escassos (HEYDARIAN et al., 2015).

Com o surgimento da Geração Net, jovens que cresceram juntamente aos avanços das tecnologias de informação, revela-se a necessidade de incorporar o uso desses recursos em sua formação profissional (BHOIR; ESMAEILI, 2015). Devido às características dessas tecnologias, sua utilização no processo de ensino estimula os potenciais futuros gestores de obras a exercerem maior protagonismo e proatividade na tomada de decisões no ambiente de trabalho. Ademais, não se enfrentam desafios logísticos para proporcionar uma experiência de caráter mais prático aos alunos, uma vez que não há necessidade de deslocá-los de fato para um empreendimento em execução que se encontre no estágio de construção adequado para maximizar o aprendizado e que não coloque em risco a segurança dos alunos (SAMPAIO; MARTINS, 2014). Em vista desse cenário, o presente estudo objetiva avaliar a aceitação e a adaptação de acadêmicos de engenharia civil no uso de recursos desenvolvidos em realidade virtual e aumentada para a gestão da segurança de canteiros de obras da construção civil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Assim como ocorrido com o surgimento dos computadores pessoais, internet e celulares, tem-se grandes expectativas quanto ao impacto que será causado pela popularização das tecnologias da realidade virtual e aumentada nos próximos anos (MEALY, 2018). Simplificadamente, a realidade virtual (VR) é entendida como uma forma avançada de comunicação entre computador e usuário, na qual as percepções do usuário sobre o mundo ao seu redor são substituídas totalmente ou parcialmente por um ambiente artificial gerado em computador (FREITAS; SANTOS, 2004; LI et al., 2018). Já a realidade aumentada (AR) busca manter o usuário no mundo real e trazer elementos virtuais para esse ambiente (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006; MEALY, 2018), de modo que eles pareçam coexistir (AZUMA et al., 2001).

Existem diversos benefícios da utilização desses recursos na construção civil relatados na literatura. A utilização de elementos virtuais transcende a representação simbólica nas quais os projetos técnicos tradicionais são baseados, tornando possível a ágil antecipação de problemas e a previsão de possíveis interferências. Assim, tem-se melhor entendimento sobre as características da obra em execução e a tomada de decisões é mais precisa (FREITAS; SANTOS, 2004; GOULDING et al., 2012). Ao facilitar a compreensão das consequências multidisciplinares das decisões (WOKSEPP; OLOFSSON, 2008), tem-se também grande contribuição para a capacitação dos gestores, sendo considerado um modo mais ativo e eficiente para formação e treinamento desses profissionais (ZHAO; LUCAS, 2015).

Diversos desafios também são enfrentados no uso dessas tecnologias. O alto custo e esforço computacional necessário relacionados aos dispositivos mais imersivos se interpõe à sua disseminação no setor (HILFERT; KÖNIG, 2016). Recursos mais simples e baratos são uma alternativa promissora, porém carecem de imersão e são limitados em relação às formas de interação do usuário com o cenário virtual (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).

3 MÉTODO

A estratégia de ensino foi desenvolvida com duas turmas de alunos de engenharia civil do quinto ano letivo. No primeiro encontro de aula, os docentes apresentaram os

conceitos de realidade virtual, realidade aumentada, sistemas imersivos ou não-imersivos além de conceitos de jogos para melhoria das experiências com VR e AR. Também foram apresentados alguns exemplos de aplicações das tecnologias (DU et al., 2018; LU; DAVIS, 2016; GUO; YU; SKITMORE, 2017) e opções de aplicativos, tais como Kubity® e ZapWorks Designer® em suas versões gratuitas de teste. Ao final desta aula, foi solicitado o desenvolvimento de uma atividade de simulação com VR ou AR para identificação de riscos ou para capacitação de funcionários sobre segurança no canteiro de obras.

No segundo encontro de aula, os alunos, divididos em grupos, apresentaram aos docentes suas ideias de simulação e foram questionados sobre o público alvo da simulação, propósito da ideia, aplicativos usados e suas respectivas limitações, além dos conceitos de gestão de segurança que iriam abordar.

No terceiro encontro, os grupos apresentaram, uns aos outros, suas propostas de simulação e foram avaliados pelos docentes com relação aos conceitos de gestão de segurança aprendidos e a criatividade das simulações. Cabe destacar que, anteriormente a esta dinâmica de ensino, as turmas já haviam estudado na disciplina as classes e tipos de riscos ocupacionais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apenas três propostas foram selecionadas para este artigo e estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Propostas dos alunos para as simulações com VR e AR

Proposta	Tecnologia	Propósito	Público	Objeto da Simulação	Dinâmica da simulação
1	Realidade Virtual	Identificação de riscos no local de trabalho	Pedreiros e serventes	Execução de revestimento de argamassa em paredes internas em edifício residencial.	Utilizando óculos de VR o usuário visualiza diversas cenas do canteiro enquanto é orientado a imaginar a execução do trabalho e relatar os riscos percebidos.
2	Realidade Virtual	Identificação de riscos no local de trabalho e percepção do gestor quanto ao comportamento do funcionário diante de riscos.	Variados funcionários do canteiro	Execução de trabalhos na fachada de um edifício: alvenaria, revestimento de argamassa e pintura.	O usuário caminha pelo cenário virtual observando a fachada do edifício enquanto é questionado sobre a existência de riscos, uso de EPIs e comportamento seguro.
3	Realidade Aumentada	Disseminação de informações sobre EPIs, comportamento seguro e captação da percepção dos funcionários sobre procedimentos de segurança.	Carpinteiros e ajudantes de carpintaria	Trabalhos na central de carpintaria para fabricação de formas para estrutura de concreto.	O usuário encontra em sua área de trabalho um cartaz com os códigos de AR. Ao fazer a leitura com o celular poderá assitir vídeos educativos, visualizar os EPIs necessários e responder a um questionário sobre procedimentos de segurança.

Fonte: Os Autores (2019)

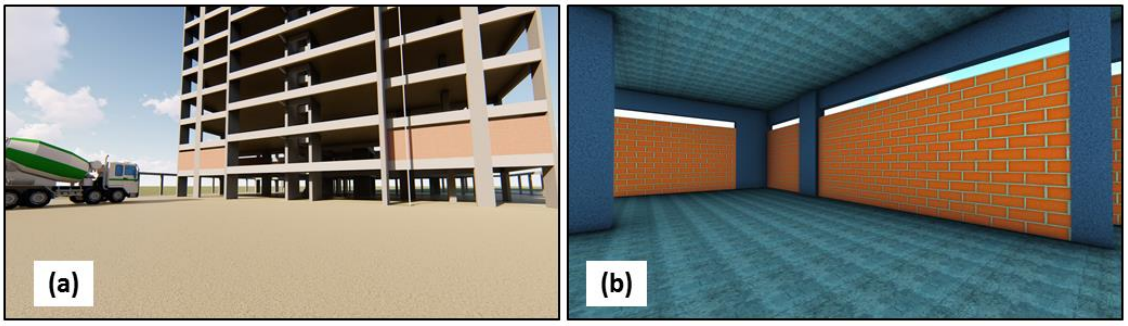
Na proposta 1, o usuário se sentia imerso no cenário do edifício usando os óculos de VR. Não havia a possibilidade de caminhar pelo cenário virtual ilustrado em cada cena, apenas observá-lo como em uma fotografia panorâmica 360º. Ao visualizar cada

situação, o usuário era orientado a imaginar cada atividade acontecendo, como a argamassa sendo preparada na betoneira ou a aplicação de argamassa nas paredes do pavimento do edifício. Era solicitado ao usuário que relatasse os riscos que percebia em cada cena.

Para esta experiência, os alunos desenvolveram importantes estudos sobre o tema segurança. Ao mapear os riscos da atividade de revestimento de argamassa, foi interessante o fato de que transcenderam a simples aplicação da argamassa no pavimento, relacionando riscos a cada etapa do processo, desde o recebimento de cal, cimento e areia no canteiro, fabricação da argamassa em betoneira, transporte vertical e execução do revestimento. Elaboraram uma narrativa direcionada ao usuário, para que ele passasse por todas estas etapas e, imerso nas cenas, imaginasse o trabalho acontecendo.

A Figura 1(a) demonstra o cenário criado para o pavimento térreo do edifício e a Figura 1(b) demonstra a cena do pavimento.

Figura 1 – Cenário virtual da proposta 1



Fonte: Os Autores (2019)

Na proposta 2, os alunos estabeleceram foco nos trabalhos de fachada, por valorizarem os riscos de queda de objetos e queda em altura. A intenção foi colocar o usuário em caminhada por fora do edifício, porém em variados pavimentos, de modo a ter a sensação mais realista do trabalho em altura. Para tanto, precisaram criar uma plataforma fictícia no modelo virtual ao redor do edifício. Enquanto caminhava, o usuário ouvia um relato sobre a atividade que estaria acontecendo no pavimento em foco e era questionado sobre quais riscos percebia, sobre como deveria proceder diante de uma situação de trabalho e sobre quais EPIs deveria utilizar. Nesta proposta, não houve uso de óculos, sendo a caminhada conduzida tocando a tela do aparelho celular e o cenário era, também, espelhado na tela de um computador.

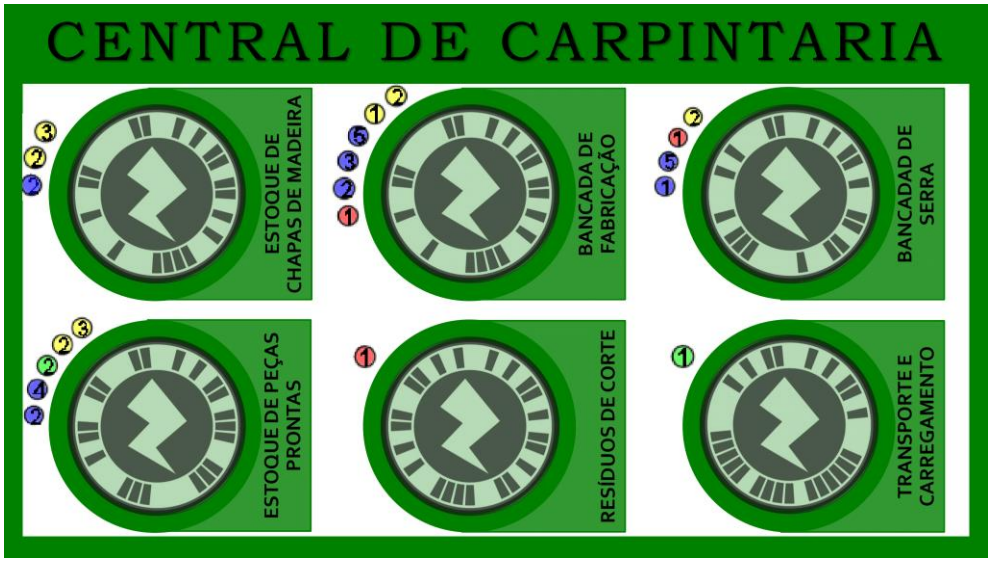
As atividades nos pavimentos variaram entre execução de alvenaria, revestimento de argamassa e pintura externa. Para conduzir o usuário, os alunos precisaram identificar previamente todos os riscos das três atividades e aqueles que eram inerentes à fachada e seu entorno. Imaginaram situações variadas de trabalho para elaborar perguntas que atestassem o preparo do funcionário com relação à sua segurança como, por exemplo, perguntar onde ele poderia prender seu cinto de segurança enquanto executava a pintura em pavimento elevado. A resposta correta, mencionando a necessidade de linha de vida vertical na fachada, indicaria a percepção apurada do funcionário sobre seu comportamento durante este trabalho.

Na proposta 3, os alunos fizeram um estudo detalhado dos riscos em cada área de trabalho de uma central de produção de fôrmas de madeira, tais como: bancada de serra, mesa de fabricação dos painéis e estoque de madeira bruta. Diante dos riscos, buscaram associar os EPIs adequados a cada tarefa, selecionando imagens do EPI indicado e vídeos instrucionais sobre seu uso.

O usuário deveria fazer a leitura de um código de barras bidimensional (*ZapCode*®) que o redirecionava para o recurso de realidade aumentada desenvolvido para a área de interesse na central de carpintaria. Além de ser instruído sobre segurança naquele local, encontrava um questionário que poderia ser respondido *online*. As perguntas eram referentes a alguma dificuldade no uso dos EPIs, dúvidas no manuseio dos equipamentos (serra ou ferramentas) ou sobre como o funcionário reagiria em situação de risco. Durante a apresentação da proposta, os alunos destacaram que as ações do gestor em canteiro sobre prevenção ou capacitação de equipes podem ser apoiadas pelo *feedback* dos próprios funcionários ao utilizar a simulação virtual. Portanto, a captação de informações pelo questionário era relevante.

A Figura 2 demonstra o cartaz com códigos de AR que estaria disponível na área de trabalho.

Figura 2 – Códigos de barras vinculados à AR na central de carpintaria



Fonte: Os Autores (2019)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propostas formuladas pelos alunos para simulações usando VR e AR permitem apontar quais conceitos de gestão de segurança foram aprendidos. As três equipes exploraram detalhadamente a identificação de riscos, a associação de EPIs e a responsabilidade da gerência do canteiro em instruir o funcionário antecipadamente à execução de suas tarefas.

Também foi perceptível a criatividade dos alunos em vencer as limitações dos aplicativos, ao encontrar maneiras para que o usuário caminhasse pelo cenário ou

elaborando uma narrativa que conduz o usuário a perceber algo que a cena não destacasse.

Com relação ao aprendizado geral sobre gestão de segurança em canteiros de edificações, a estratégia de ensino aplicada foi efetiva para que os alunos identificassem os seguintes requisitos:

a) avaliação da atividade de produção no canteiro segundo o trajeto percorrido pelo funcionário, uma vez que os riscos se alteram conforme o funcionário muda de local ou posição no decorrer do expediente;

b) mapeamento da área de trabalho e inclusão dos equipamentos em uso, uma vez que os EPIs podem ser diferentes a cada posição do funcionário;

c) existência de um relato ou narrativa que conduza o usuário a obedecer a um trajeto, visualizar perspectivas específicas ou imaginar um trabalho sendo executado contribui para melhorar a experiência sensorial do usuário e estimular seus relatos;

Além disso, os alunos perceberam que a simulação pode contribuir tanto para instrução do funcionário, quanto para gerar um banco de dados útil para os gestores a partir de *feedback* do usuário.

REFERÊNCIAS

AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34–47, 2001. Disponível em: http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a606245.pdf.

BHOIR, S.; ESMAEILI, B. State-of-the-art review of virtual reality environment applications in construction safety. In: AEI 2015, Reston. **Anais**... Reston: American Society of Civil Engineers, 17 fev. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1061/9780784479070.040.

DU, J. et al. Zero latency: Real-time synchronization of BIM data in virtual reality for collaborative decision-making. **Automation in Construction**, v. 85, p. 51–64, jan. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.009.

FREITAS, M. R. De; SANTOS, E. T. Proposta de uma ferramenta de realidade virtual para o planejamento de canteiros de obras. In: X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ANTAC, 2004.

GOULDING, J. et al. Construction industry offsite production: a virtual reality interactive training environment prototype. **Advanced Engineering Informatics**, v. 26, n. 1, p. 103–116, jan. 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2011.09.004.

GUNDUZ, M.; LAITINEN, H. Construction safety risk assessment with introduced control levels. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 24, n. 1, p. 11–18, 1 mar. 2018. Disponível em: http://journals.vgtu.lt/index.php/JCEM/article/view/284.

GUO, H.; YU, Y.; SKITMORE, M. Visualization technology-based construction safety management: a review. **Automation in Construction**, v. 73, p. 135–144, jan. 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.004.

HEYDARIAN, A. et al. Immersive virtual environments versus physical built environments: a benchmarking study for building design and user-built environment explorations. **Automation in Construction**, v. 54, p. 116–126, jun. 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.020.

HILFERT, T.; KÖNIG, M. Low-cost virtual reality environment for engineering and construction. **Visualization in Engineering**, v. 4, n. 2, p. 1–18, 7 dez. 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1186/s40327-015-0031-5.

LI, X. et al. A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. **Automation in Construction**, v. 86, p. 150–162, fev. 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003.

LU, X.; DAVIS, S. How sounds influence user safety decisions in a virtual construction simulator. **Safety Science**, v. 86, p. 184–194, jul. 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.018.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. Safety management in the construction industry: identifying risks and reducing accidents to improve site productivity and project ROI. **Smart Market Report**, p. 1–56, 2013. Disponível em: https://www.cpwr.com/publications/safety-management-construction-industry-identifying-risks-and-reducing-accidents-0.

MEALY, P. **Virtual & augmented reality for dummies**. 1. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2018.

MPT. **Observatório digital de saúde e segurança do trabalho**. Disponível em: https://observatoriosst.mpt.mp.br/. Acesso em: 19 fev. 2019.

SAMPAIO, A. Z.; MARTINS, O. P. The application of virtual reality technology in the construction of bridge: the cantilever and incremental launching methods. **Automation in Construction**, v. 37, p. 58–67, jan. 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.015.

SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D. Segurança no trabalho em um canteiro de obras: percepções dos operários e da gerência. **Production**, v. 10, n. 1, p. 05–17, jun. 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132000000100001&lng=pt&tlng=pt.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2006.

WANG, P. et al. A Critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 6, p. 1204, 8 jun. 2018. Disponível em: http://www.mdpi.com/1660-4601/15/6/1204.

WOKSEPP, S.; OLOFSSON, T. Credibility and applicability of virtual reality models in design and construction. **Advanced Engineering Informatics**, v. 22, n. 4, p. 520–528, out. 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2008.06.007.

ZHAO, D.; LUCAS, J. Virtual reality simulation for construction safety promotion. **International Journal of Injury Control and Safety Promotion**, v. 22, n. 1, p. 57–67, 2 jan. 2015. Disponível em: http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17457300.2013.861853.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPQ, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Brasil) e da CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e Nível Superior.