



**SBTIC
2019**

VIRTUALIZAÇÃO INTELIGENTE

NO PROJETO E NA CONSTRUÇÃO

2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

UNICAMP | 19 a 21 de agosto

ANÁLISE CRÍTICA DO USO DE REALIDADE VIRTUAL E ESTRATÉGIAS BASEADAS EM JOGOS PARA A GESTÃO DA SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Critical Analysis of the Use of Virtual Reality and Game-based Strategies for Safety Management in Civil Construction

Arthur Felipe Echs Lucena

Universidade Estadual de Londrina | Londrina, PR | eng.arthurlucena@gmail.com

Fernanda Aranha Saffaro

Universidade Estadual de Londrina | Londrina, PR | saffaro@uel.br

RESUMO

Apesar dos benefícios relatados em estudos científicos sobre o uso de realidade virtual e estratégias baseadas em jogos para a gestão da segurança na construção civil, a disseminação do uso desses recursos ainda encontra desafios. Nesse contexto, o presente estudo objetivou identificar as principais lacunas de estudos anteriores sobre esses temas e discutir estratégias para contribuir com a disseminação do uso associado desses recursos na gestão da segurança dos canteiros de obras. Realizou-se um levantamento bibliográfico, identificando aplicações já realizadas desses recursos em canteiros de obras e os impactos de sua utilização segundo os relatos dos autores. Posteriormente, desenvolveu-se uma proposta teórica para o uso associado de estratégias baseadas em jogos e realidade virtual na capacitação de gestores de obras. Os resultados revelaram que os estudos relacionados à aplicação de estratégias baseadas em jogos carecem de imersão e sofrem com a rigidez de regras que inibem a espontaneidade da tomada de decisão dos usuários. Por outro lado, os estudos sobre realidade virtual encontram barreiras relacionadas ao alto custo da tecnologia e a dificuldade para desenvolver os cenários virtuais. A proposta teórica apresentada neste trabalho defende que o uso associado desses recursos é uma alternativa promissora para superar esses desafios.

Palavras-chave Canteiros de obras; Tecnologias de visualização; Gamificação; Jogos sérios.

ABSTRACT

Despite the benefits reported in scientific studies regarding the use of virtual reality and game-based strategies for safety practices in civil construction, the dissemination of its use still faces challenges to become successful. In this context, the present study aimed to identify the main shortcomings of previous studies on these themes and to discuss strategies to contribute to the dissemination of the associated use of these resources for safety practices in civil construction. A bibliographic survey was carried out, identifying applications already made of these resources in construction sites and the consequent shortcomings reported by its authors regarding its use. Subsequently, a theoretical proposal was developed for the associated use of game-based strategies and virtual reality in the training of construction managers. Results revealed that studies related to the application of game-based strategies lack immersion and suffer from the rigidity of game rules that hinder the spontaneity of user's decisions. On the other hand, the studies on virtual reality face challenges regarding the high cost of this technology and difficulties for the development of virtual scenarios. The theoretical proposal developed in this paper argues that the associated use of these resources is the way to overcome these challenges.

Keywords Construction sites; Visualization technologies; Gamification; Serious games.

1 INTRODUÇÃO

Considerada uma interface avançada de comunicação entre computador e usuário (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006), a tecnologia da realidade virtual tem como proposta substituir a percepção do usuário sobre o ambiente ao seu redor por uma simulação tridimensional gerada em computador (LI et al., 2018). Desse modo, o usuário pode se movimentar e interagir com os elementos do ambiente virtual, que respondem em tempo real a essas interações (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006). Em relação à gestão da segurança do trabalho em canteiros de obras da construção civil, o uso da tecnologia possibilita a análise de informações relativas ao projeto do empreendimento de forma mais compreensiva (WOKSEPP; OLOFSSON, 2008) e intuitiva (FERNANDES et al., 2006), facilitando a identificação de situações que ofereçam riscos aos trabalhadores.

Outros recursos que têm sido utilizados nesse setor são as estratégias baseadas em jogos para finalidades que extrapolam o entretenimento (FRAGA; PEREZ; DAMIN, 2017). De modo geral, a proposta é desenvolver jogos ou utilizar parcialmente seus elementos em situações que transcendam o lazer, auxiliando na realização de atividades cotidianas (DETERDING et al., 2011; FRAGA; PEREZ; DAMIN, 2017). Na gestão da segurança dos canteiros de obras, a motivação e engajamento dos usuários propiciados pela dinâmica dos jogos promovem melhor desempenho dos trabalhadores na execução de suas atividades, causando mudanças em seus comportamentos diários (LEITE; COSTA; DURÃO, 2015) e garantindo participação mais ativa do profissional (FREIRE; MADEIRA, 2015).

Apesar dos benefícios encontrados na utilização desses recursos para a gestão da segurança dos canteiros de obras, sua exploração tem sido escassa para esse fim (KIM et al., 2013; HEYDARIAN et al., 2015; BHOIR; ESMAEILI, 2015). Além disso, existem diversas deficiências a serem superadas. As estratégias baseadas em jogos relatadas na literatura carecem de imersão (CHITTARO; BUTTUSSI, 2018) e estão pautadas em regras rígidas dos jogos que dificultam a exploração do cenário do jogo pelos jogadores e a tomada de decisões espontâneas (DEWINTER; KOCUREK; NICHOLS, 2014). As simulações desenvolvidas em ambientes de realidade virtual não enfrentam esses problemas, uma vez que têm por princípio motriz justamente prover imersão e interação intuitiva com o cenário virtual (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006). Contudo, carecem de conceitos e técnicas para propiciar uma experiência mais atrativa aos usuários (WOKSEPP; OLOFSSON, 2008; TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006). Nesse contexto, entende-se que a associação do arcabouço teórico do desenvolvimento de jogos com a experiência multissensorial propiciada pela tecnologia da realidade virtual é essencial para a superação desses e de outros desafios relatados nas diversas pesquisas já realizadas. Assim, o presente estudo tem por objetivo identificar as principais lacunas de estudos anteriores sobre esses temas e discutir estratégias para contribuir com a disseminação do uso associado desses recursos na gestão da segurança dos canteiros de obras.

2 MÉTODO

O presente estudo foi dividido em duas fases, denominadas Etapa 1 e Etapa 2. Na Etapa 1, realizou-se um levantamento bibliográfico de pesquisas científicas no âmbito da realidade virtual e das estratégias baseadas em jogos aplicadas à gestão da segurança em canteiros de obras, sem a pretensão de realizar um levantamento sistemático da literatura ou estudo de bibliometria. O levantamento foi realizado por meio de consulta aos indexadores Science Direct, Google Scholar, Scielo e CAPES Periódicos. A análise dos estudos identificados no levantamento teve seu foco direcionado à identificação de aplicações já realizadas desses recursos em canteiros de obras da construção civil e as conseqüentes críticas relatadas por seus autores em relação a ineficiências e desafios encontrados para sua utilização.

Na Etapa 2, desenvolveu-se uma proposta teórica para o uso associado das estratégias baseadas em jogos e realidade virtual na educação de gestores de obras da construção civil. A proposta foi desenvolvida em vista das lacunas identificadas na Etapa 1, de modo a sugerir possíveis soluções para as deficiências encontradas nesses estudos anteriores, entendidas como barreiras para a disseminação do uso desses recursos na gestão da segurança de canteiros de obras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ETAPA 1

O grande desafio enfrentado pelos estudos relacionados à aplicação de estratégias baseadas em jogos para a gestão da segurança em canteiros de obras está relacionado à rigidez da estrutura dos jogos, a qual o trabalhador é exposto ao assumir o papel de jogador (DEWINTER; KOCUREK; NICHOLS, 2014). A racionalização e padronização de processos resultantes dos algoritmos da estrutura dos jogos inibem atitudes espontâneas e intuitivas dos jogadores, que necessitam se submeter à lógica do jogo para obterem desempenho satisfatório (DEWINTER; KOCUREK; NICHOLS, 2014). O principal problema é que há um significativo desafio em antecipar todas as conseqüências das decisões dos jogadores no ambiente do jogo, uma vez que, para cada decisão possível de ser tomada, é necessário prever uma miríade de resultados (GOULDING et al., 2012). Desse modo, caso o jogador tente tomar decisões não previstas, o jogo automaticamente entende que a falha foi do jogador, e não uma falha em sua programação (DEWINTER; KOCUREK; NICHOLS, 2014).

Outro problema emergente diz respeito a questões éticas e morais enfrentadas pela proposta de incorporar jogos ao ambiente de trabalho. Para Dewinter, Kocurek e Nichols (2014), ao sugerir que trabalhar deva ser mais como jogar, implicitamente também se busca que os momentos de lazer e entretenimento sejam convertidos em trabalhos produtivos por meio dos jogos. Ademais, esse colapso nos limites entre lazer e trabalho acarreta em polêmicas relacionadas à coleta e uso de dados relacionados ao desempenho dos jogadores. Nesse contexto, ganha destaque os jogos conhecidos como *surveillance games*, que coletam dados dos jogadores para seus próprios propósitos (ALBRECHTSLUND; DUBBELD, 2005). O problema é que os jogadores muitas vezes não estão cientes da coleta e uso desses dados, ou estes são usados para fins indevidos (ALBRECHTSLUND; DUBBELD, 2005; DEWINTER; KOCUREK; NICHOLS, 2014).

Finalmente, a literatura também aponta para a superficialidade da exploração do universo dos jogos. É recorrente a crítica de que os estudos já realizados se limitam à simples adição de mecânicas dos jogos para tornar menos entediante a realização de tarefas cotidianas (DETERDING et al., 2011; FARDO, 2013; CHITTARO; BUTTUSSI, 2018), e deixam de investigar as possibilidades de exploração da imaginação e subjetividade da mente humana (DEWINTER; KOCUREK; NICHOLS, 2014).

Os estudos relacionados ao uso da tecnologia de realidade virtual para a gestão da segurança de canteiros de obras enfrentam outros desafios. A proposta de prover imersão aos usuários esbarra em custos elevados dos dispositivos multissensoriais necessários para realizar a simulação com realismo abundante (ZHOU; IRIZARRY; LI, 2013; WANG et al., 2018). Consequentemente, há uma tendência dos consumidores desse tipo de tecnologia em renunciar à qualidade elevada da simulação para adquirir dispositivos mais simples, baratos e flexíveis (MEALY, 2018; WANG et al., 2018), ainda pouco explorados pelos estudos científicos (BHOIR; ESMAEILI, 2015; LI et al., 2018).

Utilizada para a visualização e análise preliminar de riscos em empreendimentos em construção, a tecnologia encontra entraves relacionados à quantidade excessiva de tempo, esforço e habilidade necessários para modelar cada obra (WOKSEPP; OLOFSSON, 2008; LE et al., 2015; HILFERT; KÖNIG, 2016). O uso para educação e treinamentos de profissionais não esbarra nesses mesmos problemas, pois pode ser realizado com cenários fictícios, desenvolvidos especialmente para essa finalidade, que não precisam ser refeitos ou atualizados constantemente, haja vista que não possuem necessariamente vínculo com empreendimentos reais. Todavia, a utilização da realidade virtual para esse fim nos estudos científicos ainda é escassa (SACKS; PERLMAN; BARAK, 2013; LE et al., 2015), sendo que as pesquisas já desenvolvidas têm foco principalmente no treinamento de operários ou na educação de acadêmicos de engenharia (SACKS; PERLMAN; BARAK, 2013; BHOIR; ESMAEILI, 2015; LE et al., 2015; ZHAO; LUCAS, 2015).

3.2 ETAPA 2

Em vista das discussões realizadas na Etapa 1, propõe-se a criação de um simulador lúdico para capacitação de gestores de obras da construção civil que utilize dispositivos de baixo custo de realidade virtual imersiva, para a simulação de um ambiente virtual. Assim, tem-se a intenção de suprir uma carência apresentada pelos estudos científicos, relacionado ao uso desses recursos no treinamento e capacitação de profissionais, especialmente os gestores de obras, que possuem grande influência nas medidas adotadas para a gestão da segurança na construção civil. Ademais, a utilização de dispositivos de baixo custo de realidade virtual imersiva vem ao encontro de tendências encontradas no mercado consumidor, que relevam a necessidade da adoção de dispositivos que sejam de fácil manipulação dos desenvolvedores das simulações e dos usuários, mas que possuam características de imersão e interatividade.

A estratégia lúdica de condução da simulação é proposta a partir do arcabouço teórico do universo dos jogos. A simulação seria constituída de níveis, representando diversas situações de diferentes obras que necessitem de intervenções relacionadas à segurança do trabalho. A cada nível, o usuário deve explorar a simulação em busca de fatores que ofereçam risco aos trabalhadores. Para isso, pode dialogar com trabalhadores virtuais programados no cenário tridimensional e interagir com elementos do canteiro de obras. Ao final de sua análise, o sistema de interação da simulação apresentaria possíveis fontes de riscos existentes na obra, identificadas previamente pela análise de especialistas.

Por meio da adoção dessa estratégia, a intenção é utilizar elementos de jogos que sejam úteis para propiciar uma experiência atrativa ao usuário da simulação, de maneira que seu processo de aprendizado seja guiado de modo lúdico e educativo. Assim, a adoção de diferentes níveis, característica do universo dos jogos, possibilita que o usuário vivencie a experiência de diversas obras com características e naturezas distintas.

A dinâmica de jogo com objetivos e etapas bem definidas, aliada às possibilidades de interação com elementos do cenário virtual, garantem foco à experiência do usuário na simulação e ao seu aprendizado.

Contudo, a preocupação para que essa dinâmica de jogos não incida nas mesmas deficiências apontadas na Etapa 1 deste estudo é constante. As regras adotadas para a experiência do usuário no ambiente virtual são brandas e flexíveis, uma vez que não são utilizados mecanismos complexos para a previsão de consequências das ações dos usuários. Mesmo que guiado pelo objetivo e pela dinâmica da simulação, o usuário possui grande liberdade para investigá-la como preferir, fato que, aliado às possibilidades de imersão e interatividade da realidade virtual, fomenta a exploração de sua imaginação e intuição. Não há demasiados elementos que instiguem competitividade, evitando a compulsão no uso do simulador, de modo que seu uso enquanto instrumento educativo para o ambiente de trabalho, não seja confundido com entretenimento e lazer. Finalmente, não são coletados dados sobre o desempenho do usuário, uma vez que não há mensuração de falhas ou acertos, sendo que a análise de especialistas fornecida ao final da simulação é utilizada pelo usuário apenas para a sua própria reflexão.

4 CONCLUSÃO

O levantamento realizado neste estudo evidenciou diversas dificuldades latentes na utilização de realidade virtual e estratégias baseadas em jogos na gestão da segurança nos canteiros de obras. As ferramentas inspiradas no universo dos jogos são inovadoras na forma com que interagem com o usuário, porém exploram superficialmente sua imaginação e criatividade. Já os estudos que utilizaram realidade virtual se destacam por propiciarem elevada imersão do usuário no cenário virtual, contudo enfrentam entraves técnicos para proporcionar uma experiência mais interativa. Nesse contexto, ao sugerir a utilização da abordagem de jogos como arcabouço teórico de um simulador desenvolvido com tecnologia de realidade virtual, a proposta apresentada neste trabalho evidencia como o uso conjugado desses recursos pode contribuir para que essas dificuldades sejam superadas, colaborando com a sua disseminação nos canteiros de obras. Desse modo, entende-se que o objetivo deste estudo foi alcançado.

Como sugestão a trabalhos futuros, sugere-se que a proposta teórica detalhada neste estudo seja de fato implementada. Assim, será possível avaliar a relevância das proposições apresentadas em caráter teórico neste trabalho, contribuindo para o avanço no uso desses recursos no setor da construção civil.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHTSLUND, A.; DUBBELD, L. The Plays and Arts of Surveillance: Studying Surveillance as Entertainment. *Surveillance & Society*, v. 3, n. 2, p. 216–221, 2005.
- 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>>.
- CHITTARO, L.; BUTTUSSI, F. Exploring the use of arcade game elements for attitude change: Two studies in the aviation safety domain. *International Journal of Human-Computer Studies*, jul. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.07.006>>.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In: 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek '11, Tampere. *Anais...* Tampere: ACM Press, 2011. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2181037.2181040>>.
- DEWINTER, J.; KOCUREK, C. A.; NICHOLS, R. Taylorism 2.0: Gamification, scientific management and the capitalist appropriation of play. *Journal of Gaming & Virtual Worlds*, v. 6, n. 2, p. 109–127, 1 jun. 2014. Disponível em: <<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=1757-191X&volume=6&issue=2&page=109>>.

- FARDO, M. L. Resenha: KAPP, Karl M. The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer, 2012. **CONJECTURA: filosofia e educação**, v. 18, n. 1, p. 201–206, 2013. Disponível em: <<http://ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/viewFile/2048/1210>>.
- FERNANDES, K. J.; RAJA, V.; WHITE, A.; TSINOPOULOS, C.-D. Adoption of virtual reality within construction processes: a factor analysis approach. **Technovation**, v. 26, n. 1, p. 111–120, jan. 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166497204001270>>.
- FRAGA, R. P.; PEREZ, G.; DAMIN, F. Situating gamification in relation to other game based concepts: a systematic review. In: 14th International Conference on Information Systems & Technology Management (CONTECSI), São Paulo. **Anais...** São Paulo: TECSI/EAC/FEA/USP, 27 maio 2017. Disponível em: <<http://www.contecsi.fea.usp.br/envio/index.php/contecsi/14CONTECSI/paper/view/4580>>.
- FREIRE, G. A. A.; MADEIRA, C. A. G. Modelo conceitual para criação de jogos voltados para a tomada de decisão em gerenciamento de projetos. In: IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), Maceió. **Anais...** Maceió: 26 out. 2015. Disponível em: <<http://br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/6239>>.
- GOULDING, J.; NADIM, W.; PETRIDIS, P.; ALSHAWI, M. 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>>.
- HEYDARIAN, A.; CARNEIRO, J. P.; GERBER, D.; BECERIK-GERBER, B.; HAYES, T.; WOOD, W. 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>>.
- KIM, M. J.; WANG, X.; LOVE, P. E. D.; LI, H.; KANG, S.-C. Virtual reality for the built environment: A critical review of recent advances. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 18, p. 279–305, 2013. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2013/14>>.
- LE, Q. T.; PEDRO, A.; LIM, C. R.; PARK, H. T.; PARK, C. S.; KIM, H. K. A framework for using mobile based virtual reality and augmented reality for experiential construction safety education. **International Journal of Engineering Education**, v. 31, n. 3, p. 713–725, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Chansik_Park3/publication/276025929_A_Framework_for_Using_Mobile_Based_Virtual_Reality_and_Augmented_Reality_for_Experiential_Construction_Safety_Education/links/554e218708ae93634ec70057.pdf>.
- LEITE, R. M. C.; COSTA, D. B.; DURÃO, F. A. Um Sistema Baseado Em Jogos Para Promover a Transparência Na Obra E Motivar Trabalhadores. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC), São Carlos. **Anais...** São Carlos: ANTAC, 2015. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC-ELAGEC_2015_submission_90.pdf>.
- LI, X.; YI, W.; CHI, H.-L.; WANG, X.; CHAN, A. P. C. 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>>.
- MEALY, P. **Virtual & Augmented Reality For Dummies**. 1. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2018.
- SACKS, R.; PERLMAN, A.; BARAK, R. Construction safety training using immersive virtual reality. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 9, p. 1005–1017, set. 2013. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446193.2013.828844>>.
- TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. **Fundamentos e tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2006.
- WANG, P.; WU, P.; WANG, J.; CHI, H.-L.; WANG, X. 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>>.
- ZHOU, Z.; IRIZARRY, J.; LI, Q. Applying advanced technology to improve safety management in the construction industry: a literature review. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 6, p. 606–622, jun. 2013. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446193.2013.798423>>.