

REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA ALIADA A PROCESSOS DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) NO ENSINO DA ARQUITETURA

Renatha Galiotto de Andrade¹

Fernando Wollert de França²

RESUMO

A indústria da construção civil vive um momento de expansão de pesquisas e implantação da modelagem da informação da construção, mesmo que ainda de forma incipiente e aquém do que é necessário para melhorar os processos e a produtividade. Aliado a isso, novas formas de tecnologia podem ser estudadas e aplicadas com base nesse processo. O objetivo dessa pesquisa é estudar as possíveis aplicações práticas, nos campos de projeto, planejamento e obra, que podem ser feitas a partir da junção desses dois conceitos. Neste trabalho, foram feitas pesquisas referentes às tecnologias por meio da metodologia da revisão sistemática da literatura (RSL) para um melhor entendimento e com isso, partiu-se para a parte prática do processo, feita juntamente com alunos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, da FAE Centro Universitário e então, aplicados questionários para entender melhor o nível de entendimento e compreensão dos alunos com as tecnologias da realidade virtual e da realidade aumentada.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Realidade Aumentada. BIM

¹ Aluna do 9º período do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2020-2021). *E-mail*: renatha.galiotto@mail.fae.edu

² Orientador da Pesquisa. Mestre em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná. Professor da FAE Centro Universitário. *E-mail*: fernando.franca@fae.edu

INTRODUÇÃO

A pesquisa tem como premissa entender melhor sobre os conceitos das tecnologias da realidade aumentada e da realidade virtual, aliados aos processos de modelagem integrados ao BIM e poder aplicar de forma prática esses conceitos em projetos arquitetônicos para compreender melhor em como o uso dessas tecnologias podem ser benéficas para um melhor entendimento, desenvolvimento e apresentação dos projetos.

O objetivo geral deste projeto é estudar formas de inovação e tecnologia relacionadas à aplicação da modelagem da informação na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). E como objetivos específicos temos:

- Estudar os conceitos teóricos da realidade virtual e da realidade aumentada, na Arquitetura e na Engenharia Civil;
- Desenvolver pesquisas com softwares e programação em BIM.
- Fazer a prática das tecnologias da realidade virtual e da realidade aumentada em projetos arquitetônicos integrados ao BIM, com alunos da FAE Centro Universitário a fim de entender melhor o nível de compreensão dessas ferramentas com os estudantes.

A realidade aumentada é a integração de elementos ou informações virtuais que dá a visualização do mundo real por meio de uma câmera e com o uso de sensores de movimento como giroscópio e acelerômetro. É também, uma experiência interativa de um mundo real, onde objetos que residem no mundo real são “acentuados” por informações perceptivas criadas por computadores, incluindo visual, auditiva, háptica, somatossensorial e olfatória.

O termo realidade virtual ainda é pouco explorado por profissionais da área de arquitetura, porém, vem se desenvolvendo com o decorrer dos anos. Segundo Jerald (2015), é possível definir de forma mais tecnológica que a realidade virtual, é como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real. A utilização dentro da arquitetura como ferramenta de apresentação, representação e simulação promove mais realismo e compreensão dos projetos. Propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário em tempo real e em ambientes tridimensionais através de programas. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de realidade virtual, mas os outros sentidos como tato e audição também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). A tecnologia induz efeitos visuais e sonoros, permitindo total imersão no ambiente simulado virtualmente. Segundo Pimentel (1995), a realidade

virtual é o uso da alta tecnologia para convencer o usuário de que ele se encontra em outra realidade, provocando seu envolvimento por completo.

A integração da realidade virtual e realidade aumentada juntamente com o BIM traz inúmeros benefícios e resultados mais eficazes, com alta satisfação e performance. O avanço dessas tecnologias faz com que os ambientes colaborativos estejam em constante evolução, principalmente em educação, treinamento, projeto e gestão, o que ajuda a demandar ambientes mais realistas através da realidade aumentada e realidade virtual (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Tal integração pode ocorrer de diversas maneiras. Por fim, para uma melhor compreensão da diferenciação dessas tecnologias é que enquanto a realidade aumentada altera o mundo real do usuário, a realidade virtual substitui completamente o mundo real do espectador pelo virtual, fazendo-o emergir para dentro da tecnologia.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com as análises feitas através da revisão sistemática da literatura, foram analisados, selecionados e separados os artigos em duas etapas: 1) realidade virtual e realidade aumentada no ensino da arquitetura e urbanismo e na engenharia civil; 2) realidade virtual e realidade aumentada aplicadas à projetos de arquitetura. Com as filtragens feitas nos artigos selecionados, foram analisadas e feitas sínteses dos principais artigos que englobam a pesquisa e na qual auxiliaram para o entendimento, concepção e prática do uso das tecnologias e que pudessem contribuir para o desenvolvimento dessa pesquisa.

1.1 REALIDADE AUMENTADA: TECNOLOGIAS INOVADORAS PARA O ENSINO EM ENGENHARIA E ARQUITETURA

É de suma importância ressaltar que o projeto arquitetônico integrado ao BIM e com uso do *Industry Foundation Classes* (IFC) tem como padrão a troca de informações sobre os modelos, o que facilitou a utilização de *softwares* de vários fabricantes por parte dos projetistas e concedeu mais liberdade ao projeto. Na pesquisa, foram realizados testes de conversão completa de objetos com propriedades diferenciadas e foram também avaliados os pontos positivos e negativos de cada método, bem como indicados detalhes do procedimento e suas funções nas aplicações.

Pereira (2018) desenvolveu uma pesquisa com base em três estudos de caso nas disciplinas de projeto que remetem as escalas de arquitetura, urbanismo e paisagismo.

A metodologia adotada utilizou-se das técnicas de realidade virtual e da realidade aumentada dentro do ensino de projeto na graduação de arquitetura e urbanismo. Ressalta-se que a forma de organização, planejamento e elaboração foram muito bem avaliadas durante todo o processo de desenvolvimento até a fase final do estudo de caso. E, ainda, foi levado em conta a importância dessas tecnologias no processo projetual dentro do curso, para fins de auxílio de compreensão espacial, visualização e qualidade de apresentação.

Fernandes (2018) realizou uma análise decorrentes das tecnologias digitais que são encontradas mais facilmente no Brasil e compara aos respectivos preços para a escolha do que foi utilizado no experimento. A prática foi realizada com estudantes de arquitetura e urbanismo da Universidade de Brasília, com a aplicação de questionários da visualização do modelo tridimensional arquitetônico e demonstração no aplicativo BIMx. Foi possível detectar que na pesquisa realizada houve pontos positivos em relação à utilização de óculos de realidade virtual de baixo custo. Houve também a percepção de escala e proporção do projeto arquitetônico sendo de extrema relevância visto que os óculos é uma ferramenta importante para se ter uma melhor visualização da experiência.

Para Leal (2018), em decorrência do avanço das mudanças tecnológicas foi visto que há um certo retrocesso no quesito ensino-aprendizagem com a prática em sala de aula relacionado às tecnologias de informação e comunicação (TICs), como o BIM, realidade aumentada, realidade virtual, prototipagem rápida e fabricação Digital. Nos resultados obtidos é importante destacar que há inúmeros benefícios que o ensino de arquitetura e urbanismo pode adquirir ao adotar e explorar essas tecnologias no processo de formação dos futuros arquitetos.

Para Leal e Salgado (2018), a expectativa foi de poder incrementar e motivar o uso das tecnologias no processo de ensino nas disciplinas dentro do curso. Foram obtidos resultados através das pesquisas realizadas na qual teve como objetivo estudar as possibilidades que podem ser incorporadas no curso de arquitetura e urbanismo através do uso de tecnologias digitais. Tecnologias essas que fazem parte da pesquisa são: *Building Information Modeling* (BIM), realidade aumentada, realidade virtual, prototipagem rápida e manufatura digital.

1.2 REALIDADE AUMENTADA: APLICAÇÃO EM PROJETOS DE ARQUITETURA E URBANISMO

Aguiar (2012) verificou a evolução das representações voltadas para o uso da realidade aumentada em projetos arquitetônicos e a utilização da tecnologia dentro dos

projetos de arquitetura, seu processo de desenvolvimento e avanço. O resultado obtido teve a evidência da potencialidade que este recurso traz em simulações de ambientes, percepções de luminosidade, pré-dimensionamento dos espaços e entre outros.

Moreira (2013) fez estudos sobre a integração da realidade aumentada com o BIM e seus procedimentos adotados na fase de modelagem geométrica de uma edificação. A conclusão foi de um melhor entendimento e compreensão de identificação, processo de capacidade e das limitações das tecnologias.

Cuperschmid e Ruschel (2013) desenvolveram o aplicativo equipAR! para utilizar na visualização da realidade aumentada em modelos 3D de equipamentos urbanos em áreas de lazer. Os modelos 3D foram desenvolvidos no *software Revit Architecture*, onde há a integração da realidade aumentada com o BIM e, no qual, foram passadas por várias etapas de transformação dentro do programa para poder utilizar e visualizar no aplicativo. A contribuição está em facilitar futuros projetos que envolvam esta tecnologia para proporcionar um avanço em relação ao estado atual de documentação e desenvolvimento.

Cuperschmid (2014), em sua tese de doutorado explorou o uso de RA por usuários potenciais para discriminar as condições para que esta tecnologia pudesse ser utilizada no projeto participativo (PP) durante o processo de concepção do projeto arquitetônico. Foi constatado que a utilização da realidade aumentada possa ser usufruída tanto por projetistas quanto por leigos, como forma de visualização do projeto arquitetônico. No que diz respeito a parte de aplicação, a utilização da tecnologia foi inserida em projetos de espaços públicos de lazer e em habitações de interesse social.

Araújo (2017) analisa formas de como a realidade aumentada (RA) pode auxiliar no processo de concepção de projetos arquitetônicos em ambiente de ateliê de projeto. A partir das diversas formas de como a realidade aumentada pode auxiliar o desenvolvimento de projetos arquitetônicos apontam-se vantagens e desvantagens, bem como potenciais e dificuldades atuais no uso das ferramentas de realidade aumentada durante o processo de concepção de projetos. Diante do analisado, concluiu-se como viável a utilização da realidade aumentada, desde que adaptada e de acordo com os protocolos que tornem seu uso adequado para uma utilização mais fluida por parte dos alunos.

Santos Junior e Cuperschmid (2019) avaliaram o suporte da ferramenta 8th *Wall Web* para visualização de modelo de edificação desenvolvido em ferramenta BIM. Tiveram com resultado um processo replicável de transposição de um modelo arquitetônico, de uma ferramenta autoral BIM para *WebAR* e a avaliação do suporte da ferramenta 8th *Wall* para visualização do modelo da edificação.

Cuperschimid e Oliveira (2019) exploraram o potencial do uso de RA associada ao BIM como auxílio ao processo de compatibilização de projetos e detectaram os conflitos gerados dentro do processo de projeto. O uso da realidade aumentada em tecnologias BIM facilitou a identificação e minimização dos erros e conflitos de projeto, auxiliando na tomada de decisões projetuais dos profissionais e buscando trazer novas melhorias em projetos futuros com a integração dessas ferramentas.

2 METODOLOGIA

A metodologia inicial utilizada neste trabalho foi a revisão sistemática da literatura, que é uma etapa fundamental da condução de pesquisas científicas. A realização da pesquisa ocorreu no período de setembro a novembro de 2020. De acordo com Clarke (2001), para a realização de uma revisão sistemática da literatura devem-se utilizar métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, coletar e analisar dados de estudos incluídos na revisão.

Na TAB. 1, apresenta-se a estrutura das etapas e passos utilizados na realização desta pesquisa.

TABELA 1 – Etapas para revisão sistemática

ETAPA	PASSOS
1 – Planejamento da pesquisa	<p>Passo 1.1: Definir a questão de pesquisa que irá direcionar a revisão da literatura. A questão de investigação deve ser clara e concisa;</p> <p>Passo 1.2: Definir a estratégia de pesquisa, definido quais serão as bases de dados e os períodos a serem pesquisados;</p> <p>Passo 1.3: Definir os critérios de inclusão e ou exclusão dos trabalhos a serem analisados. Nesta etapa é necessário escolher as palavras-chave que sejam adequadas para a seleção dos trabalhos;</p> <p>Passo 1.4: Realizar uma seleção preliminar dos trabalhos de acordo com a estratégia de pesquisa definida no Passo 1.2 e utilizar os critérios de inclusão e ou exclusão definidos no Passo 1.3 da etapa de planejamento.</p>
2 - Análises dos trabalhos publicados	<p>Passo 2.1: Realizar uma análise profunda nos trabalhos selecionados no Passo 1.4, considerando obras que apresentam uma relação com a questão de pesquisa. Deve-se definir categorias para classificação dos trabalhos a fim de organizar a análise e a profundidade dos trabalhos consultados.</p>
3 - Execuções da pesquisa	<p>Passo 3.1: Apresentar os resultados finais da análise, demonstrando os autores e fontes de consulta que contribuíram para a questão de pesquisa, elaborada no Passo 1.1 da etapa de planejamento. Na etapa de execução apresentam-se as lacunas de pesquisa identificadas e também as oportunidades para futuras pesquisas.</p>

FONTE: SILVA et al. (2014)

Após a metodologia utilizada anteriormente (RSL), partiu-se para a metodologia prática do uso das ferramentas da realidade virtual e realidade aumentada. A realização da prática ocorreu no final do mês de junho e início do mês de julho de 2021. E teve como objetivo levar aos alunos dos cursos de arquitetura e urbanismo e engenharia civil uma melhor compreensão das tecnologias, a fim de entender melhor o nível de entendimento dos alunos em projetos arquitetônicos realizados em BIM, integrados com o uso da realidade virtual e realidade aumentada. Para isso, foram levantadas respostas dos alunos antes e após a prática, em forma de questionários na plataforma *Google Forms*, para uma melhor percepção e entendimento dos alunos com as ferramentas.

3 PRÁTICA DA REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

Para dar início ao experimento da prática de realização da realidade virtual e da realidade aumentada, foram selecionadas as disciplinas de sistemas prediais (para alunos do 7º período de arquitetura e engenharia civil), climatização (para alunos do 7º período de engenharia civil), engenharia civil contemporânea (para alunos do 1º período de engenharia civil), e a disciplina de arquitetura de pequeno porte (para alunos do 3º período de arquitetura e urbanismo). A ideia da escolha dessas disciplinas em específico é passar para os alunos a experiência de vivenciar um olhar mais crítico e detalhado dos projetos, de modo que alunos que estão ingressando e no final dos cursos possam experimentar e se aprofundar nas tecnologias da realidade virtual e da realidade aumentada em projetos arquitetônicos.

Com o intuito de passar aos alunos a oportunidade de experimentar as tecnologias da realidade virtual e realidade aumentada, antes da parte prática foram gravados vídeos da parte estrutural, arquitetônica e técnica do edifício da FAE LAB. Assim, os vídeos serviram para fazer a experiência prática da realidade aumentada.

Após a escolha das disciplinas e gravação dos vídeos, foi aplicado um questionário pré-experimental aos alunos de arquitetura e urbanismo e engenharia civil, da FAE Centro Universitário, que teve como objetivo analisar, compreender e perceber o nível de entendimento e prática da realidade virtual e aumentada. Em seguida, obteve-se a prática da realidade virtual e aumentada aos alunos. Após o experimento foi aplicado um outro questionário, que teve como objetivo verificar se a prática e a teoria das tecnologias contribuíram para o entendimento e compreensão dos projetos arquitetônicos dos alunos. Os questionários foram compostos por 13 questões cada. Ao todo, obteve 26 perguntas com respostas abertas e de múltipla escolha.

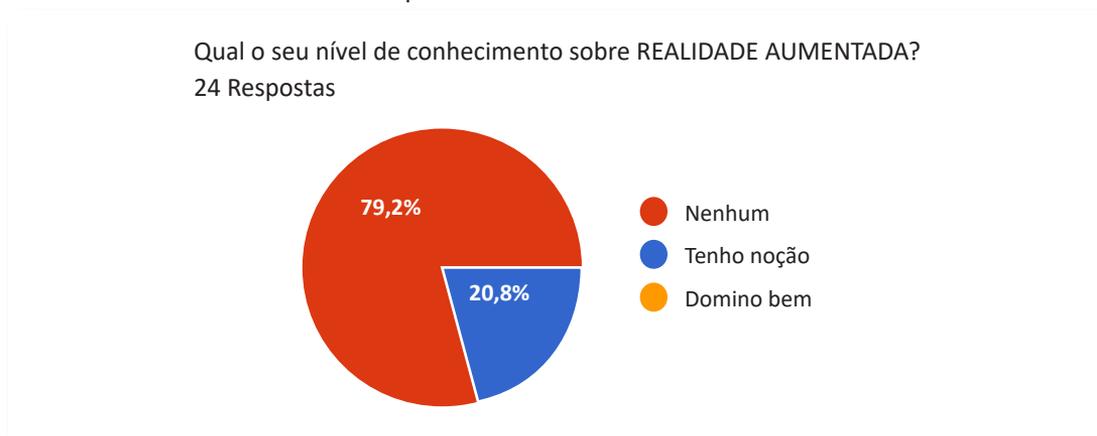
Os projetos utilizados que foram escolhidos apresentam tamanhos de pequeno e grande porte e foram elaborados durante o curso e se adequam a experiência da realidade virtual. Para a experiência da realidade aumentada, foram selecionados projetos arquitetônicos e estruturais do prédio da FAE LAB.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a prática da realidade aumentada e virtual realizada no período de 28 de junho a 2 de julho de 2021, com alunos de arquitetura e urbanismo e engenharia civil, da FAE Centro Universitário foi possível verificar o nível de entendimento, de compreensão e uso das tecnologias. No primeiro questionário, antes de partir para a prática, houveram respostas nas quais foram analisadas em que a maioria dos alunos que participaram possuem noção da realidade virtual e aumentada, porém, não utilizam para apresentação de seus projetos, mas que acreditam que o uso das ferramentas pode contribuir muito para o entendimento, desenvolvimento e apresentação de projetos. Partindo para a prática da realidade aumentada, foi mostrado exemplos do uso da ferramenta em projetos arquitetônicos e interiores, mostrando a importância que ao utilizar essa ferramenta pode trazer para uma melhor compreensão dos projetos e feito o teste a partir do aplicativo gratuito *Augin*. Já na prática da realidade virtual, foi possível fazer um passeio virtual através de câmeras 360º, mostrando em vídeos as instalações estruturais do prédio da FAE e outros projetos. Assim, foi possível comparar também a visualização no celular e no computador para se perceber as diferenças. Em seguida, houve a segunda parte do questionário, onde após os alunos poderem estar mais por dentro de como funciona e se utiliza das ferramentas da realidade aumentada e virtual, foi possível verificar que as suas percepções, análises e considerações após utilizar as ferramentas são de que as tecnologias vieram para agregar e modernizar a apresentação de projetos até mesmo à distância, ajudando, facilitando e podendo desenvolver melhor a percepção espacial a fim de evitar equívocos e erros de projetos.

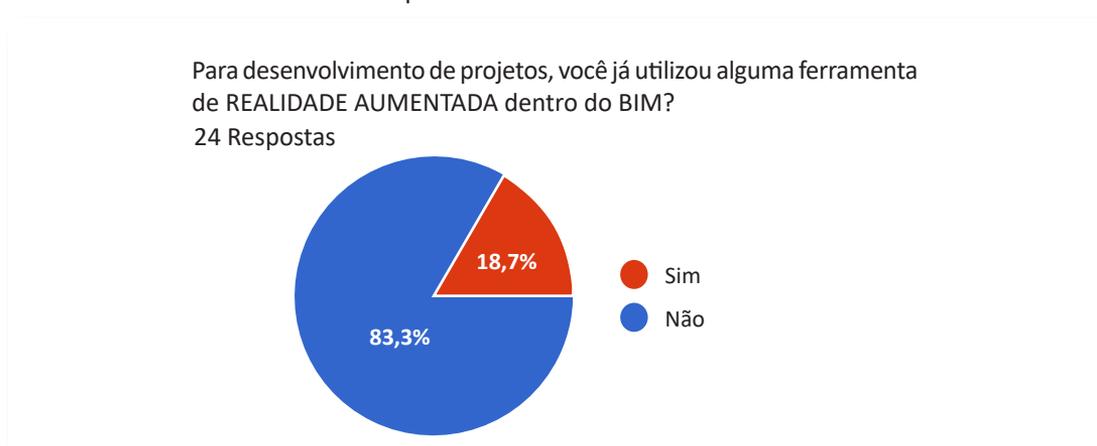
Abaixo é possível verificar os resultados obtidos antes e após a prática da realidade virtual e realidade aumentada e poder analisar o nível de entendimento dos alunos com as tecnologias.

GRÁFICO 1 – Resultado obtido no questionário I



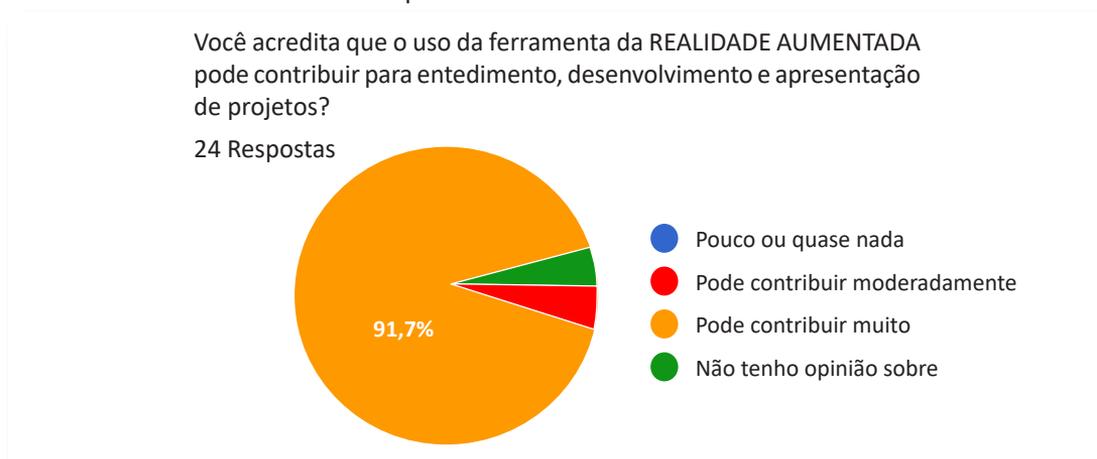
FONTE: Os autores (2021)

GRÁFICO 2 – Resultado obtido no questionário I



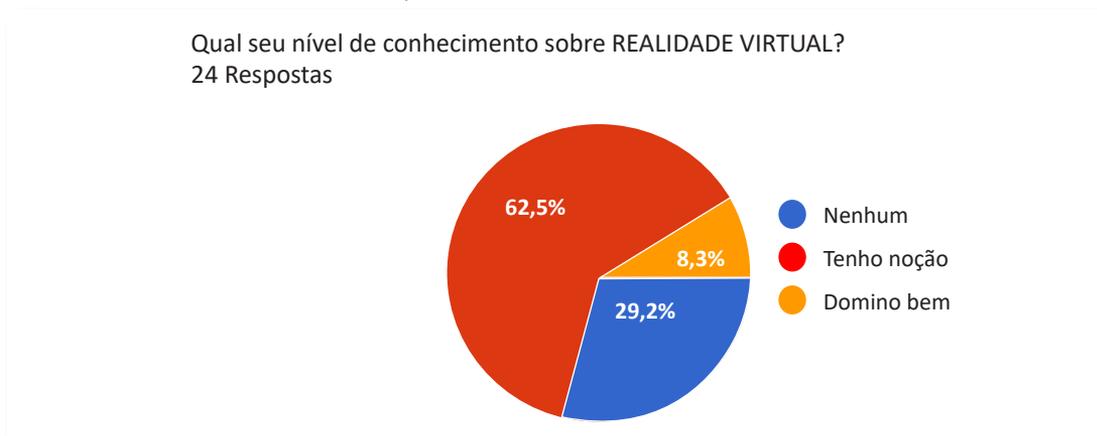
FONTE: Os autores (2021)

GRÁFICO 3 – Resultado obtido no questionário I



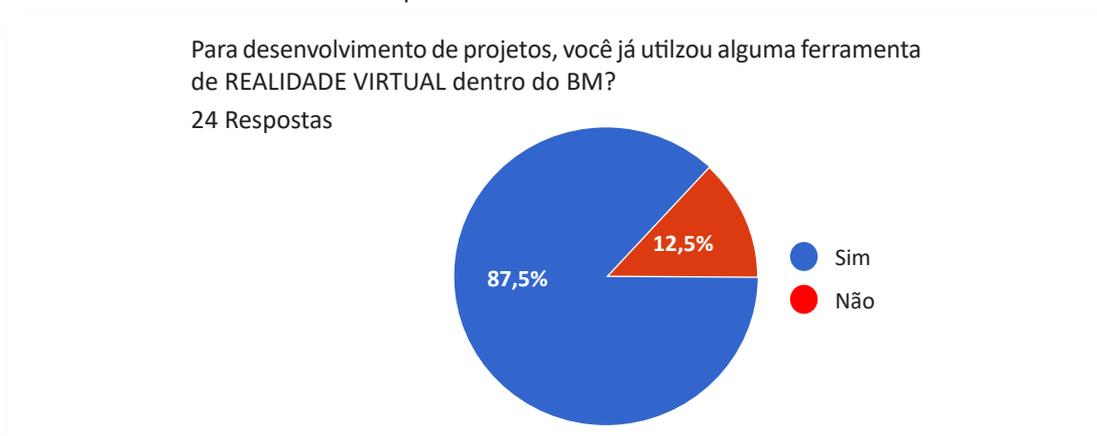
FONTE: Os autores (2021)

GRÁFICO 4 – Resultado obtido no questionário I



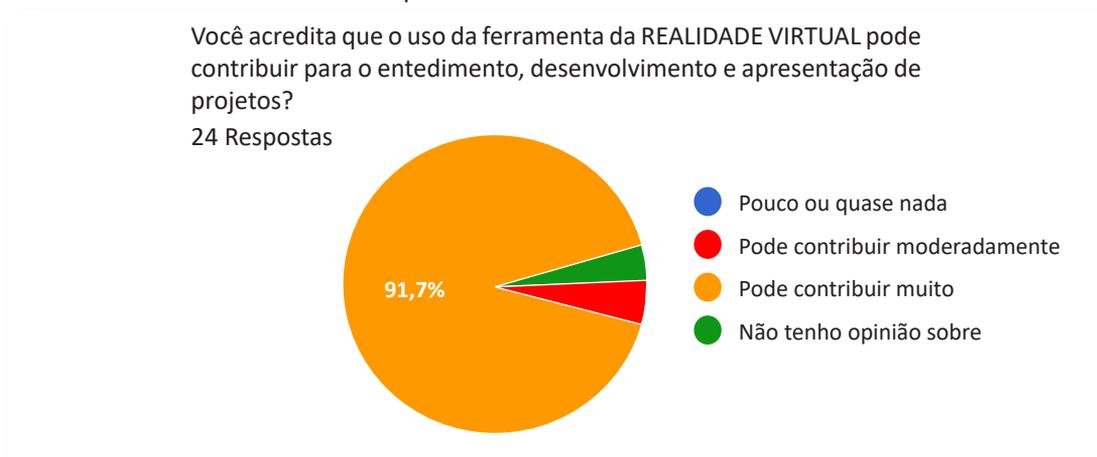
FONTE: Os autores (2021)

GRÁFICO 5 – Resultado obtido no questionário I



FONTE: Os autores (2021)

GRÁFICO 6 – Resultado obtido no questionário I



FONTE: Os autores (2021)

FIGURA 1 – Resultado obtido no questionário II

Quais foram as diferenças percebidas ao integrar a RA e RV nos projetos arquitetônicos?

12 respostas

Que um deles da pra ver pela tela sem um equipamento, e o outro precisa de um equipamento.

Na utilização da RV foi a possibilidade de se aproximar do que seria daquele projeto na prática e testar muito mais ideias.

RA serve para escala mais arquitetônica, urbanísticas, grandes coisas. Já o RV também se usa para escalas grandes, porém consegue ser explorado melhor em minuciosos detalhes

A RA tem mais utilidade para a demonstração do projeto direto no local da obra e a RV seria para demonstração do projeto apenas em meio virtual, sem elementos reais.

Maior detalhamento

Melhor entendimento do projeto feito

Uma apresenta literalmente a realidade daquilo já construído, só que de uma forma diferente e a outra apresenta a realidade sobre algo que ainda não é construído, facilitando a escolha antes da materialidade

FONTE: Os autores (2021)

FIGURA 2 – Resultado obtido no questionário II

Quais as suas percepções, considerações e análises após utilizar e experimentar a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual em seus projetos?

12 respostas

Que são meios de representação/ferramentas fundamentais para o aperfeiçoamento cada vez maior dos projetos e demais atividades. Podem ajudar muito em vários fatores, se devidamente utilizados.

Porque eu ainda não to usando esse negócio!!!! tanto academicamente quanto com cliente no escritório o avanço que ajudaria na nossa área seria astronômico

Auxiliam principalmente em projetos apresentados a distância e para o entendimento do projeto para pessoas que não são do ramo da construção civil.

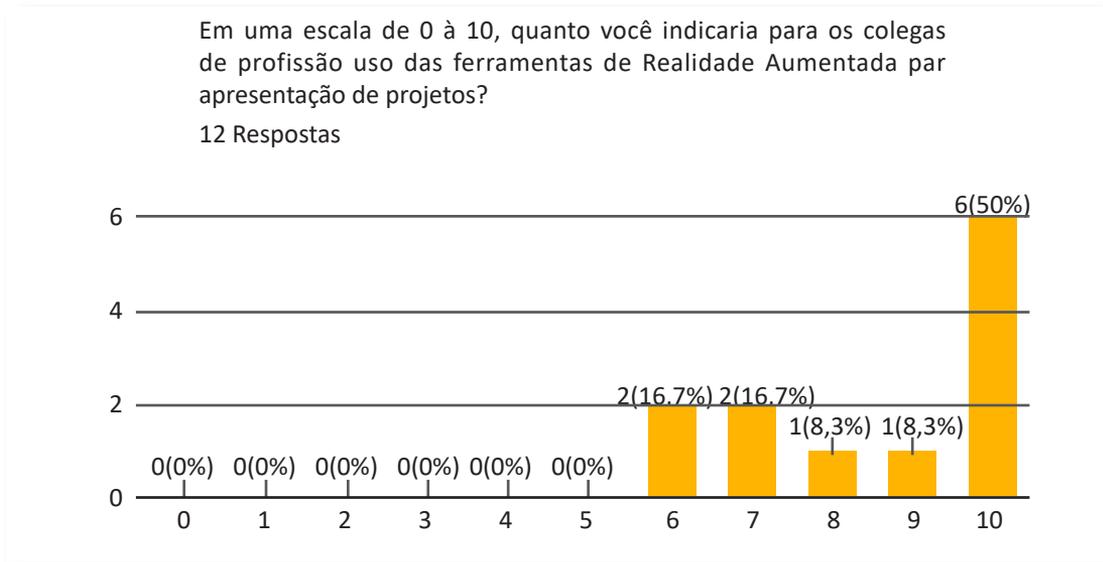
Deve-se explorar essa vertente pois essa tecnologia só tende a agregar ao nosso meio de engenharia arquitetura e construção, inovando a área e modernizando a maneira de desenvolvimento e apresentação dos projetos

Que veio para agregar a indústria

É uma ferramenta que pode ajudar, facilitar e desenvolver cada vez mais o ramo da construção civil, melhorando a percepção espacial a fim de evitar equívocos e erros de projeto

FONTE: Os autores (2021)

GRÁFICO 7 – Resultado obtido no questionário II



FONTE: Os autores (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, foi possível verificar que trazendo um maior entendimento do uso e a prática das tecnologias da realidade aumentada e da realidade virtual, aos alunos da FAE, estudantes de arquitetura e urbanismo e engenharia civil, é perceptível que as tecnologias e as ferramentas podem agregar valor ao desenvolvimento e apresentações de projetos arquitetônicos, tanto academicamente quanto profissionalmente, pois o uso dessas tecnologias facilita o entendimento do projeto, a compreensão de cada detalhe do projeto é ainda mais perceptiva. E trazendo essas tecnologias para serem mais experimentadas no âmbito acadêmico, elas podem se tornar cada vez mais acessíveis e exploradas no mundo da arquitetura e da engenharia civil, facilitando os processos desde o desenvolvimento de projetos até a sua apresentação final.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Marcellus Oliveira de. **Realidade aumentada**: Aplicação em Projetos de Arquitetura e Urbanismo. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

ARAUJO, Alan Nobrega Dantas de. **Uso de realidade aumentada como auxílio para concepção de projetos arquitetônicos em BIM**: experimentos de pesquisa aplicada desenvolvida em disciplinas de modelagem e BIM no curso de arquitetura e urbanismo da UFPB entre 2015 e 2017. 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13725/1/Arquivototal.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

CAMPOS, Ana Beatriz Ribeiro. Tecnologia aplicada no estande de vendas: estudo inicial de implementação de realidade aumentada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/94>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

CANUTO, Cristiane Lopes; MOURA, Larissa Ribeiro de; SALGADO, Mônica Santos. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 7, n. 4, p. 252-264, 2016. DOI: 10.20396/parc.v7i4.8647456. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; FREITAS, Márcia Regina de. Possibilidades de uso de realidade aumentada Móvel para AEC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013. p. 1-12.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; GRACHET, Marina Graf; FABRÍCIO, Márcio Minto. Development of an Augmented Reality environment for the assembly of precast wood-frame wall from the BIM model. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 63-78, out./dez. 2016. ISSN 1678-8621. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000400105>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; GRACHET, Marina Graf; FABRÍCIO, Márcio Minto. Realidade aumentada como auxílio à montagem de parede em wood-frame. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 6, n. 4, p. 266-276, 2015. DOI: 10.20396/parc.v6i4.8640947. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8640947>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; RUSCHEL, Regina Coeli. Desenvolvimento de aplicativo de realidade aumentada para uso em projeto participativo de áreas de lazer. **Educação Gráfica**, Bauru, v. 20, n. 03, p. 44-63, dez. 2016.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy; RUSCHEL, Regina Coeli. Desenvolvimento de Modelos 3D para Utilização no Aplicativo de realidade aumentada equipAR! In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013. p. 1-12.

CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy. **Realidade aumentada no processo de projeto participativo arquitetônico**: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização. 2014. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2014. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/257945>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

FERNANDES, Rodrigo Bezerra. **Realidade virtual em Arquitetura**: alternativa de baixo custo. 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) –Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

FREITAS, Márcia Regina de; RUSCHEL, Regina Coeli. Validação de aplicativo comercial visando à incorporação da realidade aumentada a um modelo de avaliação pós-ocupação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 97-112, abr./jun. 2015. ISSN 1678-8621. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000200016>

ISHIDA, Celso Y. et al. Realidade aumentada: tecnologias inovadoras para o ensino em engenharia e arquitetura. **Percurso**, Curitiba, v. 2, n. 17, p. 247-258, ago. 2015. ISSN 2316-7521. Disponível em: <<http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/percurso/article/view/1146/772>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

LEAL, Bianca Marques Figueiredo, SALGADO, Mônica Santos. Propostas de adoção de tecnologias digitais no ensino de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018

LEAL, Bianca Marques Figueiredo. **Propostas para o ensino dos conteúdos de arquitetura e urbanismo através de ferramentas digitais**. 2018. 368 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MENDES, Nilton Paulo Raimundo. **Modelo virtual exploratório**: proposta de uma ferramenta de vendas para o mercado imobiliário residencial. 2012. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19112012-094310/publico/ModelovirtualExploratorio_VendalmobiliariaResidencial.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MOREIRA, Lorena Claudia de Souza; RUSCHEL, Regina Coeli. A realidade aumentada auxiliando a manutenção da edificação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/221>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MOREIRA, Lorena Claudia de Souza. Expressão Gráfica através da realidade aumentada e BIM: uma experiência de visualização. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 21.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, 10., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2013.

MOREIRA, Lorena Claudia de Souza. **O manual do proprietário da edificação assistido pela realidade aumentada**. 2018. 241 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Missouri State University, Campinas, 2018. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/334148>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MOREIRA, Lorena; RUSCHEL, Regina Coeli. Realidade aumentada para a Montagem, Manutenção e operação da Edificação: Revisão Sistemática de literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., 2017, Fortaleza. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2017.

OLIVEIRA, Felipe Magno Barros de. **Desenvolvimento de sistema interativo para projetos de ambientação baseados nas tecnologias BIM e realidade virtual**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

OLIVEIRA, Rui Ramos de; CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy. BIM associado à realidade aumentada no processo de compatibilização de projetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/192>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

PEREIRA, Vinícius Coutinho. **A realidade virtual e aumentada como ferramenta auxiliar no ensino de projeto arquitetônico**: um estudo de caso em disciplinas de projeto de arquitetura e urbanismo. 2018. 175 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/205119/PARQ0338-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

SANTOS JUNIOR, Jorge Nascimento; CUPERSCHMID, Ana Regina Mizrahy. WebAR para visualização de modelo da edificação: avaliação da ferramenta 8th Wall Web. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/92>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

SATO, Michele Natsumi; SCHEER, Sergio. Utilização do BIM e da RA na AEC: uma revisão sistemática da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/99>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

THURLER, Andre Luiz de Brito. **Realidade aumentada na construção civil**: aplicações, desafios e tendências. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2128057>. Acesso em: 15 jan. 2021.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2018.

VILELA, Cesar Augusto da Cunha. **Integração da realidade aumentada ao modelo bim 4D para monitoramento e controle da obra**. 2019. 155 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação STRICTO SENSU em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2019.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

Este questionário tem como objetivo analisar o entendimento dos alunos de arquitetura e urbanismo e engenharia civil em projetos arquitetônicos realizados em BIM.

1. Você é aluno(a) de qual curso?
 arquitetura e urbanismo engenharia civil
2. Em qual período você está?
 1º período 2º período 3º período 4º período 5º período
 6º período 7º período 8º período 9º período 10º período
3. Para desenvolvimento de projetos, você já utilizou alguma ferramenta de REALIDADE AUMENTADA dentro do BIM?
 não sim
4. Qual seu nível de conhecimento sobre REALIDADE AUMENTADA?
 nenhum tenho noção domino bem
5. Para desenvolvimento de projetos, você já utilizou alguma ferramenta de REALIDADE VIRTUAL dentro do BIM?
 não sim
6. Qual seu nível de conhecimento sobre REALIDADE VIRTUAL?
 nenhum tenho noção domino bem
7. Para apresentação de projetos, você já utilizou alguma ferramenta de QR CODE?
 não sim
8. Você acredita que o uso de ferramentas da realidade virtual pode contribuir para entendimento, desenvolvimento e apresentação de projetos?
 pouco ou quase nada pode contribuir moderadamente pode contribuir muito
 não tenho opinião formada sobre
9. Você acredita que o uso de ferramentas da realidade aumentada pode contribuir para entendimento, desenvolvimento e apresentação de projetos?
 pouco ou quase nada pode contribuir moderadamente pode contribuir muito
 não tenho opinião formada sobre
10. Você tem conhecimento de algum *software*/ferramenta/aplicativo que integre a

realidade virtual ou realidade aumentada em BIM?

() não () sim (_____) se sim, qual?

11. Você já utilizou óculos de realidade virtual para visualização de projetos?

() não () sim

12. Qual seu nível de interesse em adaptar a realidade virtual e a realidade aumentada em seus projetos?

() pouco () razoável () muito

13. Quais as suas dúvidas e expectativas para a utilização de realidade virtual e realidade aumentada integradas ao BIM em seus projetos?

resposta aberta

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

Este questionário tem como objetivo analisar o entendimento dos alunos de arquitetura e urbanismo e engenharia civil em projetos arquitetônicos realizados em BIM e avaliar a percepção após as atividades com a integração da RA e RV ao BIM.

1. Você é aluno(a) de qual curso?
 arquitetura e urbanismo engenharia civil
2. Em qual período você está?
 1º período 2º período 3º período 4º período 5º período
 6º período 7º período 8º período 9º período 10º período
3. Qual a maior dificuldade ao utilizar a realidade virtual em projetos arquitetônicos junto ao BIM?
 Falta de entendimento de como usar a ferramenta Lentidão na ferramenta
 Computador / Celular não suportar Não conseguir instalar o app/software
 Nenhum Não tentei usar a ferramenta
4. Qual a maior dificuldade ao utilizar a realidade aumentada em projetos arquitetônicos junto ao BIM?
 Falta de entendimento de como usar a ferramenta Lentidão na ferramenta
 Computador / Celular não suportar Não conseguir instalar o app/software
 Nenhum Não considerei a possibilidade de usar
5. Quais as diferenças percebidas ao integrar a RA e RV nos projetos arquitetônicos?
resposta aberta
6. Em uma escala de 0 a 10, qual o seu nível de entendimento, compreensão e prática da aplicação das ferramentas da realidade aumentada?
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
7. Em uma escala de 0 a 10, qual o seu nível de entendimento, compreensão e prática da aplicação das ferramentas da realidade virtual?
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

8. Você acredita que o uso de ferramentas da realidade aumentada pode contribuir para entendimento, desenvolvimento e apresentação de projetos?
() pouco ou quase nada () pode contribuir moderadamente () pode contribuir muito
9. Você acredita que o uso de ferramentas da realidade virtual pode contribuir para entendimento, desenvolvimento e apresentação de projetos?
() pouco ou quase nada () pode contribuir moderadamente () pode contribuir muito
10. Em uma escala de 0 à 10, quanto você usaria novamente as ferramentas de realidade aumentada para apresentação de projetos?
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 () 10
11. Em uma escala de 0 à 10, quanto você usaria novamente as ferramentas de realidade virtual para apresentação de projetos?
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 () 10
12. Em uma escala de 0 à 10, quanto você indicaria para colegas de profissão o uso das ferramentas de realidade aumentada e realidade virtual para apresentação de projetos?
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 () 10
13. Quais as suas percepções, considerações e análises após utilizar e experimentar a realidade aumentada e a realidade virtual em seus projetos?

Resposta aberta