

# Augmented Reality Applied to Architectural Maquettes: An Experience during Remote Teaching at the Federal University of Pernambuco.

Frederica Dias Martins Teixeira<sup>1</sup>, Pedro Martins Alessio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil  
frederica.teixeira@ufpe.br; pedro.alessio@ufpe.br

**Abstract.** This study explores the educational use of Augmented Reality in the course "Maquette II" of Architecture and Urbanism program at the Federal University of Pernambuco. The elective course took place during the first half of 2021 in a remote setting. The course, structured as a workshop with two modules, involved creating physical study maquettes for design proposals and experimenting with Augmented Reality to investigate the fusion of physical and digital models. Augmented Reality allowed virtual elements to overlay the maquettes, providing a deeper understanding of architectural concepts. This innovative approach enhances architectural education by bridging the physical and virtual realms, adaptable even in remote contexts, exemplifying technology's educational potential.

**Keywords:** Augmented Reality, Education, Architecture, Maquettes, Digital Models.

## 1 Introdução

Este estudo apresenta uma experiência que utiliza a Realidade Aumentada (RA) como ferramenta educacional na disciplina de Maquete II, componente eletivo alocado no segundo período do Curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Pernambuco (CAU-UFPE), em ensino remoto.

A disciplina teve como objetivo a construção de maquetes de concepção arquitetônica como meio de simulação, apreensão de técnicas construtivas e a associação de técnicas de modelagem de forma interdisciplinar com a disciplina de Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo do mesmo período.

No formato de um workshop, as aulas aconteceram em dois módulos. Durante o primeiro módulo, foram elaboradas maquetes de estudo das propostas desenvolvidas pelos estudantes na disciplina de Projeto; e no segundo módulo, além do detalhamento da proposta da maquete, foi

realizado um experimento com a tecnologia de Realidade Aumentada a fim de explorar a interação das modelagens física e digital.

Para a etapa do experimento em Realidade Aumentada, a ideia acordada com os professores da disciplina foi da utilização da tecnologia para combinar o físico com o digital de forma que fossem associadas a modelagem física da maquete com a modelagem digital do seu entorno projetual. Como a disciplina Maquete II trata da escala do projeto arquitetônico, a RA poderia trazer percepções da relação com paisagens e volumes do entorno do projeto. Assim, além das maquetes desenvolvidas pelos estudantes, seria necessário o uso de computadores, smartphones, programa de modelagem digital e as plataformas digitais, Unity e Vuforia, com a tecnologia de Realidade Aumentada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### **1.1 Realidade Aumentada no Ensino de Arquitetura**

A Realidade Aumentada aplicada à Educação vem crescendo ativamente nas últimas décadas em termos de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias em todo o mundo (Avila-Garzon et al., 2021; Brown et al., 2020; Diao & Shih, 2019; Kljun et al., 2020).

No cenário educacional, a RA tem atraído muito interesse de pesquisa como tecnologia de apoio aos processos de ensino-aprendizagem, porque, além de oferecer um conjunto de diferentes recursos, proporciona experiências de aprendizagem que não podem ser alcançadas usando outras tecnologias ou abordagens (Santos et. al., 2014; Avila-Garzon et. al, 2021). A RA pode fornecer aos estudantes novas ferramentas, plataformas e experiências de aprendizado (Zhang et al., 2021).

A Realidade Aumentada proporciona experiências visuais e um alto nível de interatividade, conectando o digital com o físico além das interfaces de desktop 2D tradicionais, ajudando a comunicação de problemas abstratos e permitindo um maior envolvimento dos estudantes no que diz respeito à criação de seus próprios projetos. Com o uso de dispositivos móveis, a RA também permite experiências fora da sala de aula, o que pode estimular os estudantes a interagirem e explorarem outros ambientes (Billinghurst & Duenser, 2012). Esta tecnologia tem o potencial de criar oportunidades para explorar o aprendizado centrado no estudante, em contraponto ao método tradicional centrado no professor com os estudantes apenas observando (Weerasinghe et al., 2019).

(Milovanovic et. al, 2017) e (Silva et. al, 2020), sugerem que, na educação arquitetônica, a RA tem se apresentado como um sistema que pode enriquecer o processo projetual. De uso dessa tecnologia, os estudantes podem aprender de forma ativa, interagindo com o objeto de projeto no contexto de intervenção, dando mais confiança para apresentar a sua

solução. A interface também possibilita um aprendizado colaborativo, dando apoio a sessões de análise projetual entre professores e estudantes.

Uma interação mais natural com o objeto de design, enriquecendo a ideação e reduzindo a carga cognitiva necessária para avaliar as soluções projetuais, também tem sido possibilitada pela tecnologia de Realidade Aumentada (Milovanovic et. al., 2017). Ainda, o uso desse recurso tecnológico "pode auxiliar na visualização, análise e dedução das formas geométricas espaciais e planas." (Almeida, 2020).

A Realidade Aumentada tem sido gradualmente aplicada na área da Arquitetura, Urbanismo e Construção. Muitos aplicativos têm sido desenvolvidos para o uso profissional, seja para uma visualização mais interativa com as maquetes digitais atreladas às plantas baixas, no resgate de monumentos históricos, na visualização de instalações prediais, na visualização de móveis nos ambientes, entre outras aplicações.

Contudo, como aponta (Milovanovic et. al, 2017) e (Silva et. al, 2020), poucas têm sido as pesquisas e utilizações da Realidade Aumentada como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico, o que oferece uma oportunidade de desenvolver pesquisas na área.

Diante deste cenário, levantando oportunidades de inserir a tecnologia em termos de ensino-aprendizagem, foi aplicada uma experiência com a RA em uma disciplina de maquetes do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco. A metodologia e os softwares utilizados foram alinhados à metodologia da disciplina e à finalidade e possibilidades da experiência.

## **1.2 Workshop de Maquetes**

A disciplina aconteceu no formato de um workshop, diariamente, dividida em dois módulos. No primeiro módulo foram elaboradas maquetes de estudo das propostas desenvolvidas pelos estudantes na disciplina de Projeto a partir de lições do livro "Roteiro para construir no Nordeste" de Armando de Holanda (Holanda, 1976); e no segundo módulo, além do detalhamento da proposta da maquete já desenvolvida, foi realizado um experimento com a tecnologia de Realidade Aumentada a fim de explorar a interação das modelagens física e digital.

Para o desenvolvimento das maquetes físicas, visto o contexto de aulas remotas e agravamento da pandemia no Brasil, a ideia foi de utilizar-se da reciclagem de materiais como o papelão e papel, com possibilidades de uso de cores, com papéis coloridos ou tintas. A ideia foi de não colocar os estudantes em risco, aproveitando-se de materiais que tinham em casa ou que pudessem encontrar de forma simples em um mercadinho próximo. Como seria feita uma adaptação de materiais mais facilmente disponíveis neste momento, o que seria julgado nas maquetes seria a qualidade da execução e não do material.

Para a etapa do experimento em Realidade Aumentada, a ideia fechada com os professores da disciplina foi da utilização da tecnologia para combinar o físico com o digital de forma que fossem associadas a modelagem física da maquete com a modelagem digital do seu entorno projetual. Como a disciplina Maquete II trata da escala do projeto arquitetônico, a RA poderia trazer um pouco da relação com o entorno.

A ideia aqui foi de que os estudantes pudessem explorar mais uma ferramenta digital combinada com as maquetes físicas. Sendo assim, os materiais necessários para esta segunda etapa foram as maquetes físicas desenvolvidas pelos estudantes, computadores, smartphones, programa de modelagem digital e as plataformas digitais Vuforia Engine e Unity.

Um dos programas de modelagem mais utilizado pelos estudantes tem sido o SketchUp, por ser um software já aprendido no primeiro ano do curso de arquitetura desta Universidade. Desta forma, nesta experiência, o SketchUp foi o programa de modelagem referência. Entretanto, outros programas de modelagem como o Revit, Blender ou Rhinoceros também poderiam ser utilizados.

Sobre as plataformas a serem utilizadas para criar a experiência em RA, o Vuforia Engine é uma plataforma que oferece recursos tecnológicos em RA e o Unity é uma plataforma de criação e gerenciamento que permite criar experiências 3D imersivas para o mundo real em diversas escalas para a área de Arquitetura, Engenharia, Construção, entre outras.

O recurso do Vuforia utilizado neste experimento foi o 3D Object Scanner que permite escanear um modelo físico tridimensional para poder acrescentar nele informações digitais em tempo real, que neste caso permitiu o escaneamento e reconhecimento das maquetes físicas desenvolvidas pelos estudantes. Já o Unity foi utilizado para associar o escaneamento da maquete física feito pelo recurso Vuforia com a modelagem digital desenvolvida no SketchUp, possibilitando o experimento proposto em RA.

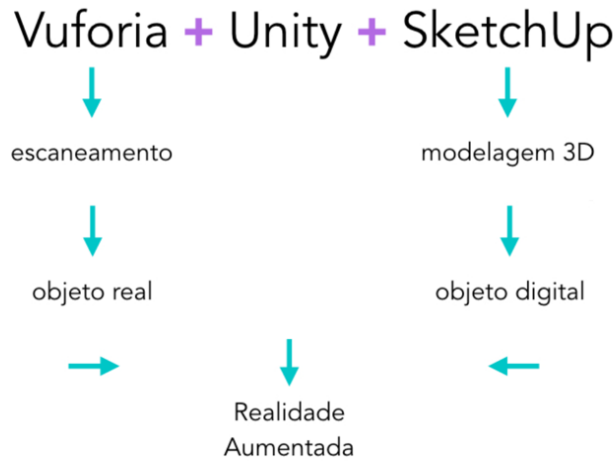


Figura 1. Ilustração da relação das plataformas na experiência. Fonte: Autora, 2021.

Após a realização de alguns testes com outras plataformas em RA para a realização deste experimento, a solução encontrada (Vuforia+Unity) foi uma indicação do professor João Marcelo Teixeira, Doutor em Ciências da Computação pela UFPE e parte do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Design da mesma universidade, dentro da mesma linha de pesquisa desta pesquisa (Design de Artefatos Digitais). Cabe ainda, ressaltar que a experiência foi um desafio para a mestrandia, pois a mesma não conhecia previamente essas plataformas e realizou testes e montou o experimento em apenas um mês.

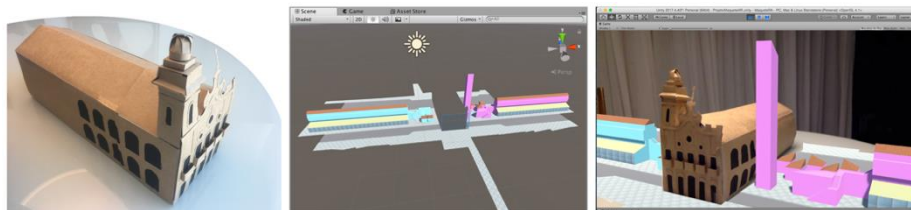


Figura 2. Maquete; Projeto no Unity; Resultado do experimento a ser aplicado na disciplina de Maquete. Fonte: Autora, 2021.

## 2 Metodologia

O presente artigo parte de uma pesquisa exploratória e qualitativa, desenvolvida em 2022 como dissertação de mestrado no departamento de design da Universidade Federal de Pernambuco. Ela tem como abordagem

uma experiência educacional com Realidade Aumentada aplicada à disciplina de Maquete II do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE.

Realizamos uma revisão de literatura e entramos em contato com os professores para entender quais as necessidades da disciplina e como poderíamos aplicar a Realidade Aumentada como ferramenta educacional. Analisamos plataformas em RA e alinhamos de acordo com a metodologia da disciplina; realizamos a experiência e avaliamos os resultados. Escolhemos as plataformas Unity e o Vuforia pela dificuldade de encontrar um aplicativo gratuito em português que atendesse aos interesses da pesquisa e pela possibilidade da criação de um experimento em RA do zero.

O uso de dispositivos pessoais, computadores e dispositivos móveis, foi adotado para a experiência, pelo contexto de pandemia e do ensino remoto. Os dispositivos móveis foram utilizados para realizar o escaneamento das maquetes físicas e o computador foi utilizado para desenvolver os modelos tridimensionais digitais e criar o projeto em Realidade Aumentada.

Por fim, realizou-se uma avaliação dos resultados da experiência e aplicabilidade da Realidade Aumentada como instrumento mediador de fases de concepção da projeção em Arquitetura e Urbanismo. O intuito desse procedimento foi verificar se essa ferramenta atua efetivamente como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico. Apontamentos de possibilidades de criar uma disciplina e uma análise de onde e como a tecnologia poderia ser inserida no CAU-UFPE também foram elaborados.

### **3 Desenvolvimento**

Antes de dar início à disciplina, foi realizada uma reunião com os professores responsáveis, Pascal Machado e Mirela Duarte, para entender as possibilidades e definir como encaixar a Realidade Aumentada na metodologia da disciplina e aproveitar esse momento de aulas online para explorar ferramentas digitais.

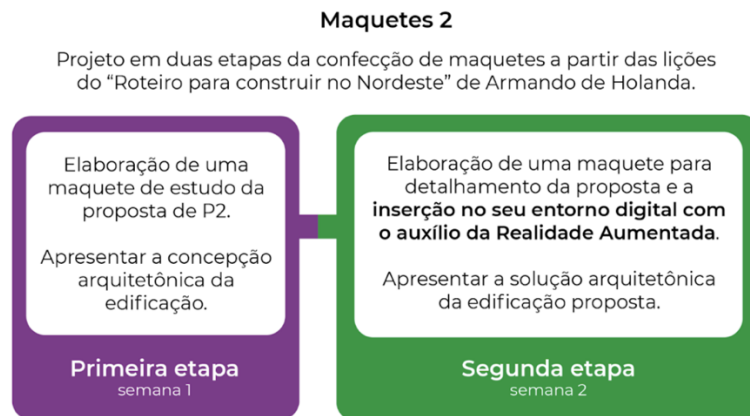


Figura 3. Programa da disciplina de Maquete II. Fonte: Autora, 2021.

A disciplina deu início com uma apresentação do seu conteúdo e metodologia, com uma conversa com os estudantes sobre os materiais necessários para o desenvolvimento das maquetes e sobre a experimentação com a tecnologia RA, sendo finalizada com a apresentação dos estudantes dos projetos que estavam sendo desenvolvidos na disciplina de Projeto para que os professores e a mestranda pudessem melhor entender os contextos e conceitos.

Antes do início da segunda semana do workshop, foi realizada mais uma reunião com os professores para definir com mais detalhes como seria a inserção da nova tecnologia. Segue a organização definida para a segunda semana.

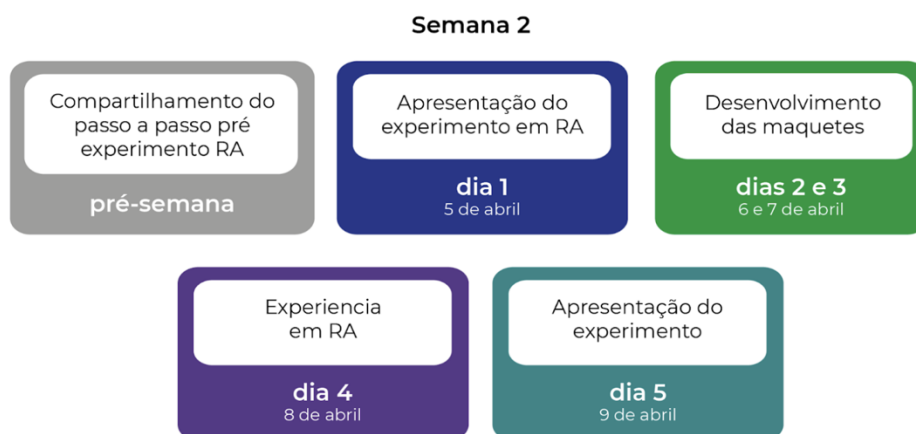


Figura 4. Organização da segunda semana de Maquete II. Fonte: Autora, 2021.

Para realizar o experimento com a Realidade Aumentada, era necessário ter os programas instalados no computador e no smartphone, ter as maquetes físicas e os elementos digitais desenvolvidos. Foi solicitado previamente aos estudantes que viessem com os programas já instalados.

Em suma, com a maquete física desenvolvida e o aplicativo Android VuforiaObjectScanner.apk instalado no smartphone, faz-se o escaneamento da maquete, criando assim um marcador físico tridimensional. A este marcador serão vinculados os elementos digitais do entorno urbano da maquete modelados no SketchUp. Para isso, ambos os dados, do escaneamento e da modelagem, são levados para o programa Unity, onde será desenvolvido o projeto em Realidade Aumentada, que combina o real com o digital.

No site do Vuforia encontra-se disponível um guia passo a passo sobre como instalar e usar o aplicativo Vuforia Object Scanner (Vuforia, 2022), além de como levar os dados do escaneamento para criar um marcador digital (3D Object), que será levado para o projeto no Unity.

Como a Realidade Aumentada funciona com sobreposição de camadas (digital sobre a física), para que o encaixe das maquetes aconteça independente da angulação do observador, é necessário a aplicação de uma máscara de oclusão. Para isso, usamos uma máscara de profundidade que irá ocultar elementos digitais que deveriam estar atrás do objeto físico. Essa máscara é aplicada a uma caixa delimitadora, que define o local em que a maquete irá aparecer durante a renderização em RA. Ver figura a seguir.

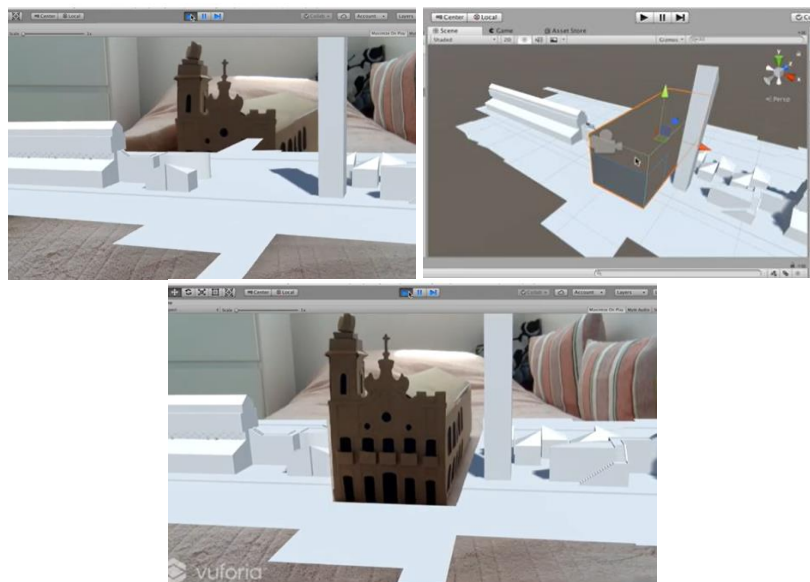


Figura 5. (1) Sobreposição das camadas; (2) Criação da caixa delimitadora; (3) Aplicação da máscara de oclusão. Fonte: Autora, 2021.



Ao longo da semana, os estudantes iam desenvolvendo suas maquetes física e digital, e tirando dúvidas sobre as tecnologias utilizadas no experimento, para que no final da semana pudessem realizar o experimento e apresentar. Um vídeo tutorial com todos os passos do experimento proposto foi produzido e compartilhado pela mestrandia.



Figura 6. Thumbnail do vídeo compartilhado no YouTube. Disponível em: <https://youtu.be/9mqzqGOYHwg>. Fonte: Autora, 2021.

## 4 Resultados

A metodologia aplicada na segunda etapa, de forma experimental, foi uma boa oportunidade de apresentar e testar a Realidade Aumentada com os estudantes. Contudo, como foram utilizadas plataformas não conhecidas previamente pelos mesmos e ocorreu de forma remota e em apenas uma semana, o experimento passou por algumas dificuldades de execução, resultando na finalização do exercício por apenas um estudante.

A experiência serviu para detectar problemas, principalmente de aplicar uma nova tecnologia durante aulas remotas, dificultando um melhor acompanhamento dos professores. Todavia, os estudantes deram um feedback positivo sobre a experiência.

Muitas variáveis envolvidas ainda estão em análise. O processo de escaneamento da maquete na casa dos estudantes pode ter desconsiderado alguns parâmetros necessários para o reconhecimento do objeto físico em RA, como uma iluminação equilibrada e difusa, sem pontos de luz ou sombras. Elementos de sombra indicados por Armando de Holanda, apesar de ricos arquitetonicamente, possivelmente foram desfavoráveis para a experiência em RA, assim como aberturas e falta de contraste/textura nas maquetes desenvolvidas. Cabe considerar também incompatibilidades tecnológicas dos sistemas operacionais diversos.

Na segunda aula dois estudantes comunicaram que não conseguiriam participar na experiência com a Realidade Aumentada, pois seus computadores não suportam a renderização em RA. Além disso, um desses estudantes comentou que não tinha o SketchUp instalado no seu computador. Diante disso, foi sugerido pelos professores uma atividade alternativa para essa combinação do físico com o digital, fazendo uma montagem com fotos da maquete física com e imagens dos elementos digitais.

Apesar dos professores da disciplina apontarem que o experimento com a RA não seria obrigatório, apontaram ainda que esta seria uma boa oportunidade de aprender e trabalhar com a tecnologia que já vem sendo explorada no campo da arquitetura em diversas universidades, podendo levá-la a outras disciplinas e para a vida profissional. A maioria dos estudantes mostrou-se interessada e tentou realizar o experimento mesmo diante das dificuldades encontradas.

Diante das dificuldades encontradas pelos estudantes para realizar essa experiência, a mestrandia se disponibilizou além sala de aula, a partir de uma sala criada no Google Meet, para que os estudantes pudessem se reunir para tirar dúvidas e tentar solucionar os problemas encontrados. O estudante que conseguiu finalizar a experiência foi o único que entrou nesta sala e, junto com a mestrandia, conseguiu contornar as dificuldades. O resultado do experimento foi apresentado em aula on-line, em tempo real (figura 7).

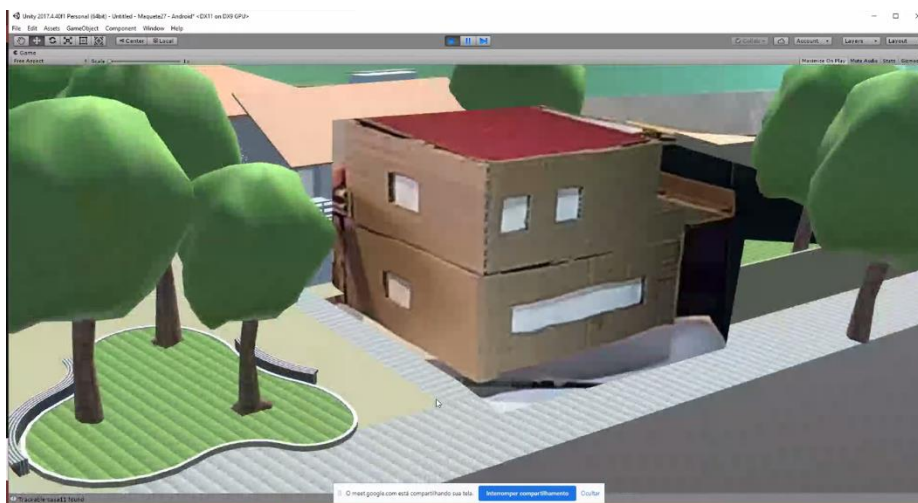


Figura 7. Resultado do experimento realizado pelo estudante. Fonte: Autora, 2021.

## **5 Discussão**

Essa experiência foi importante do ponto de vista pedagógico, proporcionando uma oportunidade de testar novas metodologias e apresentar novas ferramentas para os estudantes de arquitetura e urbanismo. A ideia de explorar a combinação de maquetes físicas e digitais, mostra que este diálogo é possível a partir de uma metodologia que combine o real e o digital de forma interativa.

Sobre as dificuldades de execução do experimento por parte dos estudantes, há de se considerar a apresentação de uma nova tecnologia e metodologia no momento de ensino remoto emergencial. Os estudantes não tinham conhecimento prévio das plataformas digitais utilizadas no experimento e o conhecimento que tinham da Realidade Aumentada era a nível de usuário. Desta forma, torna-se compreensível que os estudantes não tenham um entendimento concreto sobre limitações e fragilidades da tecnologia, como questões de ruído de iluminação nas várias etapas do experimento e execução do escaneamento das maquetes físicas.

Entende-se que a aplicação foi realizada de forma experimental e que o tempo foi curto para executar e lidar com os problemas que apareceram no caminho. Possivelmente, se a experiência pudesse ser aplicada de forma presencial, com um melhor entendimento das dificuldades, melhor apoio aos estudantes e maior tempo para estudo e desenvolvimento, os resultados poderiam ter sido mais satisfatórios.

Neste contexto, sugere-se a criação de um workshop além sala de aula, para não comprometer o tempo e metodologia das disciplinas existentes, ou de uma disciplina voltada para o ensino da Realidade Aumentada e das plataformas utilizadas para focar no desenvolvimento de projetos arquitetônicos com o uso do Unity + Vuforia.

Conforme o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco (CAU-UFPE) (UFPE, 2016), o curso almeja e possibilita a inserção de tecnologias emergentes na grade curricular. Disciplinas eletivas de Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo abrem possibilidade para o ensino da Realidade Aumentada.

Dentro do contexto arquitetônico, essas plataformas possibilitam variadas experiências em RA. Além da integração de elementos digitais na maquete física, é possível desenvolver projetos onde o modelo digital seja atrelado à planificações, como plantas baixas, cortes e fachadas; e projetos que posicionem os modelos digitais arquitetônicos por geolocalização.

## **Referências**

Almeida, S. R. M. D. (2020). Uso do aplicativo de realidade aumentada GeometriAR como recurso de aprendizagem em Matemática.

- Avila-Garzon, C., Bacca-Acosta, J., Duarte, J., & Betancourt, J. (2021). Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. *Contemporary Educational Technology*, 13(3).
- Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56-63.
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brook, D. C., Grajek, S., Alexander, B., Weber, N. (2020). Educause horizon report teaching and learning edition, 2-58
- Silva, J. F., Lima, J. Q., Jucá, S. C. S., de Mesquita, A. B., & de Oliveira Monteiro, A. (2020). O ensino da disciplina de projeto arquitetônico auxiliado pela realidade aumentada. *Revista Educar Mais*, 4(3), 756-772.
- Holanda, A. (1976). Roteiro para construir no Nordeste: Arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados. Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado de Desenvolvimento Urbano.
- Diao, P. H., & Shih, N. J. (2019). Trends and research issues of augmented reality studies in architectural and civil engineering education—A review of academic journal publications. *Applied Sciences*, 9(9), 1840.
- Kljun, M., Geroimenko, V., & Čopič Pucihar, K. (2020). Augmented reality in education: Current status and advancement of the field. *Augmented Reality in Education: A New Technology for Teaching and Learning*, 3-21.
- Milovanovic, J., Moreau, G., Siret, D., & Miguet, F. (2017). Virtual and augmented reality in architectural design and education. In 17th international conference, CAAD futures 2017.
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2013). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on learning technologies*, 7(1), 38-56.
- UFPE, Departamento de Arquitetura e Urbanismo (2016). Projeto Pedagógico. <https://www.ufpe.br/coord-arquitetura-e-urbanismo/projeto-pedagogico>
- Vuforia, PTC Products (2022, maio 12). Vuforia Object Scanner | VuforiaLibrary. <https://library-archive.vuforia.com/articles/Training/Vuforia-Object-Scanner-Users-Guide.html>
- Weerasinghe, M., Quigley, A., Ducasse, J., Čopič Pucihar, K., & Kljun, M. (2019). Educational augmented reality games. *Augmented reality games II: The gamification of education, medicine and art*, 3-32.
- Zhang, Z., Yin, N., Chen, S., & Liu, C. (2021). Tribo-informatics: Concept, architecture, and case study. *Friction*, 9, 642-655.