A Realidade Virtual e o Processo de Avaliação do Projeto na Arquitetura

Virtual Reality and the Project Evaluation Process in Architecture

Christianne Soares Falcão

Doutora em Design pela
Universidade Federal de
Pernambuco
christiannefalcão.arq@gmail.com
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-8227-0412>

Breno Carvalho

Doutor em Design
Docente na graduação em Jogos
Digitais e no Mestrado em
Indústrias Criativas
Universidade Católica de
Pernambuco
Breno.carvalho@unicap.br
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-4449-4036>

Brenda de Paula Calife

Graduanda em Arquitetura e
Urbanismo
Universidade Católica de
Pernambuco
brendakane13@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2582-9662>

Erick Bruno Bastos Barros

Graduação em Jogos Digitais
Universidade Católica de
Pernambuco
erickbrunobb@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3458-641X>

RESUMO:

A avaliação em arquitetura é uma etapa do processo de design para o desenvolvimento de um artefato a partir de protótipos, que são construídos com base em técnicas de prototipagem. A partir de um protótipo, o interlocutor materializa seu conceito para ser melhor compreendido, explorado, comunicado e avaliado por outro interlocutor. Este protótipo pode ser físico ou virtual. Com base neste fator, este estudo propõe o desenvolvimento de um ambiente tridimensional para visualização de um artefato arquitetônico utilizando as tecnologias de prototipagem virtual e realidade virtual. A metodologia utilizada baseia-se em uma pesquisa qualitativa, seguindo as etapas: revisão da literatura, estudo sobre os dispositivos utilizados na simulação em realidade virtual, construção do cenário virtual e montagem da interação no software Unity e teste piloto. Como resultado, um protótipo virtual foi construído, permitindo a coleta de dados sobre a experiência do usuário e as demandas no cenário escolhido.

Palavras-chave: Protótipo virtual; simulação em ambiente virtual; software Unity.

ABSTRACT:

The evaluation in architecture is a step in the design process for developing an artifact using prototypes, which are built, based on prototyping techniques. From a prototype, the interlocutor materializes his/her concept to be better understood, explored, communicated and evaluated by another interlocutor. This prototype can be physical or virtual. Based on this factor, this study proposes a development of a three-dimensional environment for visualization of an architectural artifact using technologies like virtual prototyping and virtual reality. The methodology used is based on a qualitative research, following the steps: literature review, study on the devices used in the simulation in Virtual Reality, construction of virtual scenario and assembly of the interaction in Unity software and a pilot test. As a result, a virtual prototype was built, allowing data collecting about the user experience and demands in the chosen scenario.

Keywords: Virtual Prototype; Virtual Environment Simulation; Unity software.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação do projeto de arquitetura corresponde a uma etapa do processo de projeto para desenvolvimento de uma edificação a partir do uso de protótipos, que são construídos com base nas técnicas de prototipagem. O protótipo permite ao arquiteto materializar o projeto que está sendo desenvolvido para ser melhor compreendido, explorado e avaliado pelo cliente. Para tal, a prototipagem virtual, como ferramenta de apresentação de projetos, vem apresentando um alto nível de realismo nas representações visuais a partir do desenvolvimento de *softwares*, permitindo a interação com modelos complexos de objetos e ambientes que são processados de forma realística e em tempo real a partir da tecnologia da realidade virtual.

Conforme Alcoforado (2007), é através de um protótipo que o interlocutor materializa o seu conceito para ser melhor compreendido, explorado, comunicado e avaliado por um outro interlocutor. Este protótipo podendo ser físico ou virtual, é desenvolvido com o objetivo de compreender, explorar, avaliar e comunicar um ou mais atributos do produto que está sendo desenvolvido.

Durante o processo de projeto, o artefato arquitetônico é planejado a partir de uma ação criativa, no qual o arquiteto individualmente ou em grupo, primeiramente pensa o projeto, passando para o estágio em que os desenhos chegam aos contratantes, apresentando a forma como este deve ser construído. No entanto, muitas das técnicas utilizadas neste processo não são compreendidas por todas as partes (projetistas e clientes), como por exemplo a apresentação em duas dimensões do projeto. As recentes inovações baseadas nas tecnologias da prototipagem virtual e realidade virtual podem tornar este diálogo mais acessível, apontando um campo do conhecimento promissor para pesquisas.

Na avaliação da interação usuário x artefato arquitetônico, as atividades desencadeadas estão correlacionadas com uma complexa combinação de estímulos sensoriais que chegam através de diferentes canais, a visão, a audição e o tato. Para que os resultados destas avaliações sejam validados, é preciso que os protótipos utilizados possam replicar o comportamento e a aparência do conceito do artefato, e esta capacidade está estritamente ligada com o desempenho das tecnologias de simulação, tanto de *hardware* como de *software* (FERRISE; BORDEGONI; GRAZIOSI, 2013). O desenvolvimento das tecnologias em ambientes virtuais, especificamente da realidade virtual, tem levado ao desenvolvimento de interfaces mais intuitivas para o design, possibilitando a execução das atividades de testes com usuários a partir da interação com protótipos virtuais (SHEN; ONG; NEE, 2010). Com o desenvolvimento de ambientes multimodais e multissensoriais, é possível ao usuário interagir com o modelo digital de forma similar como interage com um modelo físico (FERRISE; BORDEGONI; CUGINI, 2013).

Conforme Sherman e Craig (2003), o ambiente virtual corresponde a uma instância de um mundo virtual apresentado num meio interativo tal como

a realidade virtual. Estes ambientes têm como característica serem interativos, multissensoriais e sintetizados por computador, que quando manipulados pelos participantes, permitem uma simulação (BARFIELD; NASH, 2006).

Neste contexto, a visualização imersiva de objetos em três dimensões em tempo real proporcionada pela tecnologia da realidade virtual pode ser utilizada para a observação do artefato em desenvolvimento a partir de uma simulação, constituindo um elemento transformador nesse processo de forma mais participativa, ao promover testes mais eficazes e abrangentes, possibilitando aos usuários reais a interação com dispositivos através de todos os sentidos e não apenas a visão.

Com base neste fator, o artigo propõe o desenvolvimento de um ambiente tridimensional para visualização de um artefato arquitetônico em Realidade Virtual. Após vários testes com a equipe de alunos e professores dos curso de Arquitetura e Urbanismo e Jogos Digitais, o protótipo virtual foi sendo aprimorado para uma melhor experiência do usuário na navegabilidade, seguido de um teste piloto em ambiente não imersivo para avaliação da qualidade gráfica e interação com o ambiente virtual. Como desdobramento deste estudo, pretende-se investigar possibilidades de aplicação da tecnologia da prototipagem virtual e realidade virtual no processo de avaliação do projeto.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo se fundamenta em uma pesquisa qualitativa, cuja construção do cenário escolhido, permitirá a coleta de dados sobre a experiência do usuário e avaliação de projetos a partir da simulação em ambientes virtuais. A pesquisa qualitativa é indicada para estudos explicativos em um conjunto contemporâneo de acontecimentos, sobre os quais o investigador tem pouco ou nenhum controle (YIN, 2009).

Considerando os objetivos apontados, a pesquisa exploratória foi aplicada em um teste piloto para avaliar a qualidade gráfica e funcionalidade do protótipo. Conforme Gil (1996), este tipo de pesquisa foca na familiarização com o problema, construindo os conhecimentos necessários para melhor compreendê-lo. A construção do protótipo e testes foram baseados na revisão de literatura, ou seja, a partir de estudos baseados em materiais já publicados (MARCONI; LAKATOS, 2010). Neste contexto, foi realizado um levantamento bibliográfico para a construção do cenário virtual e elaboração de um questionário pós-teste, buscando dados que fundamentem uma proposição para o problema, sendo categorizada como pesquisa aplicada.

No que se refere às ações, as atividades realizadas foram: (a) Revisão de literatura; (b) Construção do cenário virtual; (c) Adequação do cenário para os testes e (d) Teste piloto com usuários (Figura 1).

Figura 1: Procedimentos metodológicos da pesquisa.

Fonte: Autores.

Como primeira etapa, a revisão bibliográfica foi realizada a fim de construir um repertório de definições e argumentos para o desenvolvimento da pesquisa. Na etapa referente à construção do cenário virtual para análise da interação do usuário com o ambiente virtual, foi escolhido um projeto de uma residência unifamiliar para o desenvolvimento do protótipo virtual.

Com o protótipo virtual concluído, dois passos foram seguidos para a preparação dos testes, conforme sugerido por Barnum (2011):

- Walkthrough: leitura dos desenvolvedores do protótipo das tarefas a serem realizadas e todos os recursos de *software* e *hardware*. Com base nos resultados desta etapa, a qualidade gráfica foi melhorada e o protótipo foi adequado para ser avaliado de forma remota.
- Teste Piloto: consiste em um ensaio geral com um usuário real para refinar o procedimento experimental e esclarecer as definições de vários fatores que serão avaliados. Para avaliar o aplicativo e a interação do usuário com o protótipo virtual, assim como a qualidade gráfica, um teste piloto em realidade virtual não imersiva foi realizado.

3. SIMULAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual (RV) corresponde a uma simulação em tempo real a partir de uma interface de alta qualidade entre o usuário e o computador, proporcionando uma interação através de múltiplos canais sensoriais, tais como a visão, audição, tato, olfato e paladar (BURDEA; COIFFET, 2003). Kirner e Siscoutto (2007, p.9) definem a RV *"como uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário navegar e interagir, em tempo real, com um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais."*

A navegação no ambiente virtual possibilita a interação com objetos tridimensionais, sendo esta a habilidade de movimentar-se e explorar as diversidades de uma cena em três dimensões, como bem compara Gutiérrez et al. (2008), a semelhança de se caminhar em uma floresta. A interação

corresponde a possibilidade de escolha e manipulação de objetos no cenário virtual, ou seja, pegar e examinar uma flor da floresta.

Com base nestes fatores, é possível classificar a RV tanto interativa como imersiva, e a interface com o usuário é determinada pela capacidade do sistema de computador detectar e reagir às suas ações. *“Quanto mais realista e natural for a interação, maior será o engajamento do usuário e a eficiência da simulação”* (VASCONCELOS, 2015, P. 148).

Burdea e Coiffet (2003) acrescentam mais uma característica da RV, a imaginação, como sendo a capacidade mental do usuário em perceber as coisas existentes. Desta forma, os três vértices (I^3), Interação, Imersão e Imaginação, são essenciais para um bom desempenho da simulação em ambiente virtual (Figura 02).

Figura 2: Os três I's da RV.

Na figura é possível visualizar o triângulo branco, porém este não existe. A sua imagem é construída a partir dos três círculos recortados e a nossa mente o percebe a partir destas partes perdidas, existindo apenas na imaginação, assim também é a realidade virtual

Fonte: Adaptado de Burdea e Coiffet (2003)

A imersão corresponde a um fator fundamental, permitindo ao usuário sentir-se parte do mundo simulado, ao invés do mundo simulado ser uma característica do mundo real. Conforme Gutierrez et al. (2008), o grau de imersão pode ser caracterizado de acordo com as configurações de interface com o usuário, sendo estas:

- a. **Imersiva.** A partir do uso de um dispositivo HMD (head-mounted display) ou óculos RV.
- b. **Semi-imersiva.** A partir da projeção tridimensional em grandes telas.
- c. **Não imersiva.** A partir da projeção tridimensional na tela do computador.

A medida para determinar o grau de imersão é dada pela capacidade do usuário em interagir e comunicar-se com o cenário virtual de forma similar como interage no mundo real. Para tal, vários dispositivos podem ser utilizados para navegação em ambiente virtual, como os controles de movimentos, que permitem o reconhecimento dos gestos naturais das mãos em tempo real, como também um óculos RV.

3.1. A RV aplicada ao processo de projeto na Arquitetura

O processo de projeto de artefatos arquitetônicos pode ser considerado como uma atividade em equipe, no qual a comunicação e colaboração entre os integrantes envolvidos é fundamental. Por outro lado, é importante incluir o usuário para uma melhor compreensão da eficiência do projeto. Com base em Tideman et al. (2008), podemos apontar os seguintes fatores para uma melhor comunicação entre o arquiteto e o cliente:

- Uma comunicação direta e explícita entre o arquiteto e o cliente precisa ser estabelecida, devendo minimizar a possibilidade de má interpretação de ambos os lados.
- O cliente precisa estar apto para uma compreensão realística sobre a proposta de projeto, sendo capaz de avaliar com segurança o funcionamento e a experiência do design sob diversas circunstâncias.
- O cliente deve ser capaz de avaliar as consequências das decisões de projeto de forma consciente, que devem ser apresentadas de forma compreensível, independentemente da formação do participante.

Com o objetivo de atender a tais requisitos, podemos apontar a aplicação da Realidade Virtual nas fases de desenvolvimento do projeto, apresentando características de interação tridimensional intuitiva, possibilitando ao projetista a exploração de sua criatividade no desenvolvimento e conceitos a partir da imersão em ambiente virtual. Exemplos podem ser encontrados nos estudos de Oliveira et al. (2017) e Neto et al. (2016).

Desta forma, simular um ambiente virtual realista a ponto de permitir o desenvolvimento de testes com artefatos arquitetônicos como se fossem reais, consiste um grande benefício ao arquiteto. A RV, neste contexto, permite uma simulação do protótipo virtual para que seja visualizado em tamanho real e manipulado diretamente pelos usuários, permitindo *feedback* e um melhor desenvolvimento da criatividade. Exemplos podem ser encontrados nos estudos de Ozacar et al. (2017) e Juan et al. (2018).

4. DESENVOLVIMENTO DO CENÁRIO VIRTUAL

Para a construção do protótipo virtual foi utilizado um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar desenvolvido por um dos professores pesquisadores, tendo em vista que o objetivo da pesquisa foi analisar a qualidade gráfica da representação tridimensional do projeto a partir do ponto de vista do usuário e não a estética ou funcionalidade do mesmo. Como primeira etapa de construção do protótipo, foi utilizado o *software* Sketchup, possibilitando importar para o computador os elementos arquitetônicos da edificação respeitando as suas dimensões reais. Para tal, foram seguidas três etapas: **concepção, importação e modelagem** (Figura 3).

Concepção: corresponde a representação do projeto criado por um arquiteto ou equipe, a partir de desenhos bidimensionais no *software* AutoCad.

Com a **importação** do arquivo do AutoCad, as informações do projeto foram transferidas para o Sketchup, a fim de construir um modelo tridimensional o mais fiel possível ao projeto. Por último foi feita a **modelagem** do protótipo virtual, criando-se a réplica do terreno onde o projeto foi construído, seguindo as seguintes ações:

- a. A planta baixa foi locada no terreno e sobre esta foi dado início à montagem da estrutura tridimensional do edifício (vigas, paredes, coberta, etc).
- b. Com base nos cortes transversais e longitudinais, foram inseridos o mezanino, as aberturas das portas e janelas e a escada helicoidal.
- c. Ao finalizar o volume tridimensional, foram aplicadas texturas, tais como, vegetação e revestimento em pedra e madeira.

Figura 3: Vista da fachada principal do modelo construído no Sketchup.

Fonte: Autores.

Ao final do processo de modelagem no Sketchup, o arquivo foi exportado para o *software* da Autodesk Maya para o mapeamento UV, sendo necessário modificar a geometria do objeto para ser compatível com a engine – motor gráfico - em que a interação será produzida. Este procedimento é importante para que o modelo 3D tenha uma certa fluidez e garantir o processamento eficaz do aplicativo. As ações nesta etapa corresponderam a **Importação, retopologia e mapeamento UV** (Figura 4).

- d. A **importação** foi feita por intermédio de um arquivo com o formato OBJ ou FBX, exportado pelo Sketchup. Desta forma o modelo é desagrupado, promovendo a separação de todos os elementos em instâncias diferentes.
- e. A **retopologia** é a etapa na qual a geometria do objeto é refeita. Um modelo 3D consiste em vértices, arestas e faces que usam a representação poligonal, incluindo triângulos e quadrados, para definir uma forma tridimensional. O número desses elementos é diretamente

ligado à complexidade do processamento que o aparelho vai realizar quando o aplicativo for executado.

- f. **Mapeamento UV** é o processo de projetar uma imagem 2D em um objeto 3D por meio de mapeamento de textura. Um mapa UV pode ser gerado automaticamente pelo *software*, criado manualmente pelo artista, ou a combinação de ambos.

Figura 4: Modelagem do protótipo no software Maya.

Fonte: Autores.

Mais adiante, o protótipo foi texturizado no Substance Painter, proporcionando uma volumetria mais realista e leve, seguindo as seguintes três etapas:

- g. A **importação** do modelo trabalhado no Maya foi feita por meio de um arquivo FBX.
h. A **escolha das texturas** tomou como base as referências do projeto para aplicação no protótipo.
i. As texturas foram **exportadas** para o Unity 3D em formato de imagem.

Dando continuidade à prototipagem, no *software* Unity, foram realizadas as seguintes etapas para a finalização do ambiente em realidade virtual - **configuração, importação, programação e acabamento**:

- j. Foi realizada a **Configuração** a partir do *download* do Android SDK na plataforma para compatibilização do Unity com aparelhos Android e posterior uso na visualização imersiva através do dispositivo Cardboard;
- k. Em relação aos *softwares* anteriormente utilizados, Maya e Substance Painter, foi feita a **importação** do cenário aprimorado em fbx.
- l. A **programação** se fez necessária para o manuseio/interação do usuário com o protótipo virtual, configurando: (1) A câmara, adicionando a função Character Controller, que permite o personagem se movimentar facilmente pelo protótipo. (2) Adiciona-se colliders, que impedem que o usuário atravessasse paredes, objetos ou caia do mapa. (3) Implementação de objetos interativos através de triggers, que permitem o acionamento de uma ação a partir da interação/movimento do usuário, no ambiente. Sendo este locado na porta da fachada principal, na porta da fachada posterior e na escada no interior da edificação.
- m. Por fim, foi feito o **acabamento** com a substituição das texturas que vieram corrompidas.

A partir da finalização da prototipagem no Unity desenvolveu-se um cenário imersivo e interativo do projeto da residência em estudo (Figura 5).

Figura 5: Vista do protótipo virtual finalizado no Unity.

Fonte: Autores.

Com o protótipo virtual concluído, foram realizados testes com a equipe composta por um professor e dois alunos de iniciação científica do curso de Arquitetura e Urbanismo e um professor e um aluno de iniciação científica do curso de Jogos Digitais. Foi apontado a necessidade de correções e melhorias no cenário virtual, passando para a etapa de aperfeiçoamento através das seguintes ações:

Modelagem: A partir da importação e exportação do modelo entre softwares, elementos foram perdidos e dimensões alteradas, sendo necessário ajustes para adequar ao projeto. O *software* Unity foi utilizado para reposicionar o portão de entrada, ajustar a moldura das janelas na fachada posterior e repaginar a vegetação do espaço de jardim para que o protótipo ficasse mais realista. O *software* Autodesk Maya foi utilizado para a modelagem de telhas cerâmicas em 3D para replicação no telhado, o redimensionamento das janelas e brise da fachada frontal. Além disso, foram identificadas imperfeições nos polígonos de portas e janelas, apresentando faces invisíveis e que foram corrigidas a partir da modelagem 3D.

Qualidade gráfica: Ajustes na textura para se adequar aos materiais especificados no projeto, tais como, madeiramento do telhado, piso em pedra do agenciamento e gramado. Foi também acrescentado um “skybox”, que corresponde a um domo ao redor do protótipo que simula o céu, com o propósito de tornar a experiência mais agradável (Figura 6).

Locação dos elementos de interação: Com o objetivo de tornar a experiência do usuário mais dinâmica, foram inserido painéis com as seguintes especificações: área construída; materiais de revestimento e zoneamento, conforme apresenta a Figura 7.

Figura 6: Melhorias na qualidade gráfica do protótipo virtual.

Protótipo antes das alterações

Protótipo depois das alterações

Modelagem: Paisagismo refeito; detalhamento das esquadrias e telhado.

Qualidade gráfica: Desenho da textura dos percursos e grama.

Fonte: Autores.

Figura 7: Locação dos painéis com informações do projeto no protótipo virtual.

Fonte: Autores.

5. TESTE PILOTO

O estudo de campo teve como objetivo avaliar a interação do usuário com o protótipo virtual a partir de um estudo piloto. Para tal foi desenvolvido um aplicativo que permitia ao usuário interagir com o protótipo em um ambiente virtual a partir da tela do seu próprio computador. No aplicativo foram programados comandos que possibilitavam a movimentação em tempo real nos ambientes externos e internos do edifício, assim como acesso aos painéis de interação com as especificações do projeto.

Os procedimentos para o teste foram primeiramente aprovados pelo Conselho de Ética da universidade e teve como primeira etapa o envio de um e-mail para cada usuário com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para análise e aceite-se. Ao receber a resposta positiva, foi agendada uma data e horário para a realização do teste remoto utilizando a ferramenta Google Meet.

No horário previamente estabelecido e com o usuário conectado, a tarefa a ser realizada no teste foi apresentada e no final o pesquisador perguntava se o usuário ainda tinha alguma dúvida. Foi também solicitada a permissão para que todo o teste fosse gravado para posterior análise dos resultados.

A tarefa sugerida ao participante consistia em seguir um percurso conforme apresentado no mapa da Figura 8. A navegação no protótipo virtual iniciava no portão e acessava o interior da edificação pela porta principal da fachada frontal, finalizando na parte posterior externa, permitindo a visualização dos elementos construtivos.

Figura 8: Planta Baixa do térreo com a indicação do percurso sugerido aos usuários.

Fonte: Autores.

Outra informação importante passada ao participante, era que o mesmo poderia cancelar sua participação em qualquer fase da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo. Em caso de desistência, o participante seria automaticamente substituído para que o número total previsto fosse atendido.

Ao final do teste, o participante era convidado a responder um questionário on-line utilizando a ferramenta Google Forms. Nenhuma das questões coletava informações pessoais que pudessem identificar o participante e causar-lhe algum prejuízo.

Os testes foram realizados com seis (6) estudantes de arquitetura e urbanismo, com idade acima de 18 anos. A escolha dos participantes foi baseada nos estudos de Nielsen (1993), cujo objetivo foi a avaliação do aplicativo a partir da visão de um usuário especialista para identificar possíveis inadequações quanto a navegabilidade e qualidade gráfica, assim como todo o processo de avaliação.

Como critério de exclusão, mulheres no período de gravidez não poderiam participar para evitar o enjôo, que é bastante comum no período de

gestação. Apesar do avanço tecnológico nas últimas décadas, o enjôo (*motion sickness*) durante a navegação em realidade virtual ainda corresponde a um efeito colateral bastante comum, sendo as mulheres comparativamente mais propensas a enjôos do que homens, conforme pesquisas apontadas por Chattha et al. (2020).

5.1. Resultados e discussão

A navegabilidade no aplicativo era realizada utilizando o teclado (W – mover para frente; S – mover para trás; A – mover para a esquerda e D – mover para a direita) e mouse (direcionar o olhar na tela). Após os testes, os dados foram analisados de acordo com a navegabilidade, a percepção e opinião dos especialistas.

O tempo médio para percorrer o caminho sugerido foi de 9 minutos e todos os participantes conseguiram instalar o aplicativo e realizar a tarefa sugerida com êxito. Porém foi identificada uma dificuldade na utilização do mouse. Dependendo da sensibilidade, o usuário tinha dificuldade em se locomover e mudava rapidamente o ângulo de visão. Um dos usuários preferiu utilizar o touchpad do notebook para uma melhor navegabilidade.

Um fator limitante para uma melhor qualidade gráfica do protótipo foi a capacidade da placa de vídeo do computador de alguns usuários, que dificultava a visualização dos elementos construtivos e texturas. Quando uma maior qualidade era selecionada, ocorria o travamento da tela e dificultava a locomoção no ambiente virtual.

A percepção dos participantes foi analisada a partir dos comentários realizados durante o teste. Um dos participantes citou a necessidade de prever um entorno ao lote da edificação para que o cliente tenha uma ideia sobre o contexto em que o projeto será inserido. A interação do usuário com o ambiente virtual permitiu ao mesmo compreender o efeito dos materiais de revestimento tanto a partir dos painéis informativos, como também por estar inserido no ambiente tridimensional. “*Eu achei muito massa*”, disse um dos participantes, “*principalmente essa parte de se aproximar e ver as especificações dos materiais. Acho que esse mecanismo associado ao toque, ter esse material físico em escritório, seria perfeito, o cliente iria entender o projeto*”.

A resposta dos participantes ao questionário, conforme apresenta o quadro 1, possibilitou avaliar a sua opinião quanto à qualidade gráfica, visibilidade e aplicabilidade do protótipo virtual como ferramenta de avaliação do projeto arquitetônico.

Quadro 1: Perguntas e respostas do questionário pós-teste.

Pergunta	Avaliação – escala Likert					Total respostas
	Muito ruim				Muito bom	
	1	2	3	4	5	
Qual a sua avaliação da qualidade gráfica dos elementos arquitetônicos da edificação?	0	0	1	2	3	6
O que você achou da visibilidade do protótipo virtual?	0	0	0	2	4	6
Você acredita que testes com protótipos virtuais consistem em uma ferramenta válida para que os usuários fiquem mais envolvidos com a atividade de avaliação?	0	0	0	2	4	6
Você acredita que o experimento com o protótipo virtual foi eficiente na avaliação dos elementos arquitetônicos da casa?	0	0	0	1	5	6

Fonte: Autores.

De acordo com as respostas, os participantes apontaram como positiva a visibilidade gráfica do protótipo virtual e enfatizaram a viabilidade dos testes com protótipos em realidade virtual como ferramenta que possibilita um melhor envolvimento do usuário com a atividade de avaliação. Por fim, a experiência dos participantes foi considerada positiva, sem apresentar nenhum desconforto durante o teste.

6. CONCLUSÃO

Conforme Oliveira et al. (2017), “Na medida em que a tecnologia evoluiu, outros recursos começam a ser utilizados, sempre com a intenção de facilitar o entendimento de informações entre o arquiteto (especialista) e o cliente (não especialista)”. Para tal, o profissional deve estar atualizado e interagir com as tecnologias emergentes, visto que exercem uma influência através de seus projetos no desenvolvimento social.

A metodologia utilizada nesta pesquisa para desenvolvimento do protótipo virtual do edifício, teve como finalidade construir um cenário gráfico para a interação do usuário com o ambiente virtual. A experiência com o estudo piloto permitiu aos pesquisadores aprofundarem o conhecimento do aplicativo, assim como identificar os problemas quanto a qualidade gráfica e dispositivos de navegação a partir dos comentários e sugestões dos avaliadores. Neste panorama, as dificuldades encontradas quanto a instalação do aplicativo em alta resolução, assim como o ajuste da sensibilidade do mouse, precisam ser consideradas nos próximos experimentos, principalmente pelo fato de muitos usuários possuírem computadores não compatíveis para um bom desempenho do aplicativo desenvolvido.

Uma questão comum no campo da avaliação da usabilidade de produtos e sistemas corresponde a quantidade necessária de participantes nos testes. Após análise dos estudos de diversos autores, Vasconcelos (2015, p. 93)

aponta como melhor estratégia durante os primeiros estágios de desenvolvimento do produto, a realização de pequenos testes qualitativos com quatro a oito participantes repetidas vezes em um ciclo iterativo.

Desta forma, um teste com pequeno grupo de participantes foi realizado, e como desdobramento deste estudo, testes similares serão conduzidos nas demais etapas para a investigação quanto a navegabilidade e compreensão do projeto por usuários especialistas e não especialistas, tanto em ambiente não imersivo como imersivo a partir dos óculos RV.

Por fim, a construção de um protótipo virtual do edifício arquitetônico e sua visualização no ambiente virtual e em tempo real, demonstra ser uma valiosa ferramenta para a avaliação do projeto a partir das diversas possibilidades de uma simulação, sendo um elemento transformador ao possibilitar que usuários possam interagir de forma mais participativa com o processo de desenvolvimento de projetos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOFORADO, Manoel Guedes. **Comunicação intermediada por protótipos**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Pernambuco. CAC. Design. 2007.

BARFIELD, W.; NASH, E. B. Virtual Environments. In: W. Karwowski (Ed.). **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2nd Edition. Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group. 2006.

BARNUM, Carol. **Usability testing essentials: ready, set ... test!**. Burlington: Elsevier. 2011.

BURDEA, G.; COIFFET, P. **Virtual Reality Technology**. 2ed. New Jersey: John Wiley & Sons. 2003.

CHATTHA, U. A.; JANJUA, U. I.; ANWAR, F.; MADNI, T. M.; CHEEMA, M. F.; JANJUA, S. I. Motion Sickness in Virtual Reality: An Empirical Evaluation. **IEEE Access**, vol. 8, pp. 130486-130499, 2020

FERRISE, F.; BORDEGONI, M & CUGINI, U. Interactive Virtual Prototypes for Testing the Interaction with new Products. **Computer-Aided Design & Applications** 10 (3): 515-525. 2013.

FERRISE, F.; BORDEGONI, M; GRAZIOSI, S. A method for Designing Users' Experience with Industrial Products based on a Multimodal Environment and Mixed Prototypes. **Computer-Aided Design & Applications** 10 (3): 461-474. 2013.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas. 1996.

GUTIERREZ, M.; VEXO, F.; THALMANN, D. **Stepping into Virtual Reality**. London: Springer-Verlag. 2008.

JUAN, Yi-Kai; CHEN, Hsing-Hung; CHI, Hao-Yun. Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales. **Applied Sciences**. 8. 952. 2018.

KIRNER, C.; SISCOUTTO, A. Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada. In: C. Kirner; R. Siscoutto (Eds.). **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Porto Alegre: SBC. p. 2-21. 2007.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas. 2010.

NETO, A.; FERNANDES, D. C.; SAMPAIO, G. B.; VASCONCELOS, G. B. S.; ARRUDA, I. B. A Utilização dos Jogos Eletrônicos e Dispositivos de Realidade Virtual no Ensino e Prática Profissional da Arquitetura, Urbanismo e Design. **Persp. Online: Hum. & Sociais Aplicada**, Campos dos Goytacazes, 16(6), 15-22, 2016.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. Boston: Academic Press. 1993.

OLIVEIRA, G. M.; ANDALÓ, F.; VIEIRA, M. L. H. Realidade Virtual e o Projeto Arquitetônico: da Criação à Experiência do Usuário. **Revista Triades** 6 (2), 2017.

OZACAR, K.; ORTAKCI, Y.; KAHRAMAN, I.; DURGUT, R.; KARAS, I. R. A Low-cost and lightweight 3D interactive real estate-purposed indoor virtual reality application, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, IV-4/W4, 307-310, 2017.

SHEN, Y.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Augmented reality for collaborative product design and development. **Design Studies** 31(2010): 118-145. 2010.

SHERMAN, W.; CRAIG, A. **Understanding Virtual Reality: Interface, application and design**. Elsevier Science, USA. 2003.

TIDEMAN, M; van der VOORT, M.C & van HOUTEN, F. A New Product Design Method Based on Virtual Reality, Gaming and Scenarios. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing** 2 (4): 195-205. 2008.

VASCONCELOS, Christianne S. Falcão. **A usabilidade e as tecnologias emergentes no desenvolvimento de produtos de consumo: uma abordagem em ambientes virtuais e neurociência**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Design, 2015.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. Thousand Oaks, California, USA: SAGE publications, Inc. 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ e a Universidade Católica de Pernambuco, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/UNICAP, que patrocinaram a pesquisa apresentada neste artigo.

Artigo recebido em 28/12/2020 e aceito em 25/05/2021