

CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DE MODELOS FÍSICOS E DE REALIDADE VIRTUAL NA ANÁLISE DE PROJETOS DE HIS POR USUÁRIOS LEIGOS

Contributions and limitations of physical models and virtual reality in the analysis of social housing designs by lay users

Marcio Presente de Souza¹, César Imai¹, Maurício Hidemi Azuma²

RESUMO: A comunicação das intenções do projeto de arquitetura junto a usuários leigos demanda um processo participativo com estratégias de abordagem adequadas aos diferentes agentes envolvidos. A simulação, por meio de diferentes tipos de modelos tridimensionais pode contribuir nessa comunicação, sendo que esse tipo de representação apresenta a vantagem de possuir uma linguagem mais inteligível ao leigo e próxima do objeto que será construído. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de duas formas de simulações tridimensionais de baixo custo - uma com características físicas e outra em ambiente virtual - que poderiam contribuir em um processo projetual participativo. O artigo relata a aplicação de uma dinâmica de simulação com dois grupos de potenciais usuários de Habitações de Interesse Social (HIS), cujo objetivo é verificar quais as potencialidades de cada modelo para coletar informações junto a esses grupos sobre o ambiente projetado. O método utilizado para avaliar esse potencial dos modelos é desenvolvido através de uma dinâmica de simulação e técnicas de percurso cognitivo, protocolo verbal, teste de usabilidade, além de observações do comportamento dos usuários. Os dados coletados permitem identificar as vantagens e limitações do uso desses procedimentos de simulação na comunicação entre os usuários de HIS e o projetista durante as etapas iniciais do processo de projeto arquitetônico. Os resultados obtidos indicam que o modelo físico associado ao uso de câmera permite uma maior compreensão do conjunto dos ambientes projetados, estimulando o usuário a propor mudanças mais abrangentes na configuração dos mesmos. O modelo virtual com imagens em 360 graus possibilita melhor compreensão sobre aspectos de leiaute, preferências por materiais e aspectos de iluminação. Também foram identificados perfis de usuários que apresentam facilidade ou dificuldade de utilização de determinado instrumento. A contribuição do estudo está nas recomendações de uso dos modelos e nas limitações identificadas durante o processo, auxiliando na revisão de procedimentos para pesquisas futuras que envolvam o processo de projeto participativo habitacional.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Físico Tridimensional; Realidade Virtual; Usuários; Habitação de Interesse Social; Processo de Projeto.

ABSTRACT: The communication of the intentions of the architecture design with users demands a participatory process with intelligible approach strategies with the different stakeholders. Simulation through different types of three-dimensional models can contribute to this communication, and this type of representation has the advantage of having a language that is more intelligible to the layman and close to the object that will be built. This paper presents the development of two forms of low cost three-dimensional simulations - one with physical characteristics and the other in a virtual environment - that could contribute to a participatory design process. The article reports the application of a simulation dynamics with two groups of potential users of social housing, whose objective is to verify the potential of each model to collect information from these groups about the designed environment. The method used to evaluate this potential of the models is developed through a simulation dynamics and techniques of cognitive walkthrough, verbal protocol, usability test, besides observations of the user's behavior. The collected data allow to identify the advantages and limitations of the use of these procedures in the communication between social housing users and the designer during the initial stages of the architectural design process. The results indicate that the physical model associated with camera use allows a greater understanding of the set of environments, stimulating the user to propose more comprehensive changes in their configuration. The virtual model with images at 360 degrees enables a better understanding of aspects of layout, preferences for materials and lighting. We also identified user profiles that show ease or difficulty in using a particular instrument. The study's contribution is based on the recommendations of the use of the models and on the limitations identified during the process, helping to review procedures for future research that involve the participatory housing design process.

KEYWORDS: Three-dimensional Physical Model; Virtual Reality; Users; Social Housing; Design Process.

How to cite this article:

SOUZA, M. P.; IMAI, C.; AZUMA, M. H. Contribuições e limitações de modelos físicos e de realidade virtual na análise de projetos de HIS por usuários leigos. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v.13, n.3, p.21-37, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i3.146376>

¹ Universidade Estadual de Londrina - UEL

² Universidade Estadual de Maringá - UEM

Fonte de financiamento:
CAPES e Fundação Araucária
Conflito de interesse:
Declara não haver
Submetido em: 18/05/2018
Aceito em: 09/12/2018



INTRODUÇÃO

Nas etapas iniciais de concepção do projeto de arquitetura, a comunicação entre projetista e usuários finais pode contribuir na qualidade final do produto por meio de um processo de projeto participativo, de maneira que o projetista consiga compreender as necessidades espaciais dos futuros moradores e que estes consigam expressar sua opinião de maneira clara e consciente. Sanoff (2007) afirma que as raízes desse processo estão nos ideais de democracia participativa, cujos indivíduos participam amplamente da tomada de decisões que os afetam, gerando maior engajamento dos envolvidos no processo.

Nas Habitações de Interesse Social (HIS), esse contexto de envolvimento do usuário no processo de projeto é ainda mais evidenciado, uma vez que, ao tomar consciência de que sua participação pode vir a modificar seu ambiente para melhor, como um instrumento de qualificação, o mesmo participa com maior entusiasmo do processo (VILLA et al., 2015). No entanto, no caso de HIS, frequentemente ocorre um fenômeno totalmente contrário à participação do usuário na definição de sua moradia, a produção massiva de unidades padronizadas.

Os empreendimentos de HIS desenvolvidos no país, em sua maioria, não atendem satisfatoriamente a diversidade de arranjos familiares brasileiros, produzindo ambientes subdimensionados, insuficientes para acomodar o mobiliário e equipamentos mínimos necessários (BRANDÃO et al., 2011; CARDOSO; ARAGÃO, 2013; PALERMO, 2013; CONCEIÇÃO et al., 2015). Estes projetos partem de um programa de necessidades mínimo (sala, dois dormitórios, banheiro, cozinha e área de serviço) com áreas úteis mínimas de 32m², e, apesar de variações de cunho construtivo, o desenho dessas habitações continua muito semelhante, sendo reproduzidos em série há décadas, com repetição de formas, implantação e volumes (VILLA et al., 2015; KOWALTOWSKI et al., 2013).

Diante deste cenário, o trabalho reflete sobre a necessidade de um processo de projeto arquitetônico com a participação dos usuários e discute as potencialidade e limitações de ferramentas de baixo custo como auxílio ao projetista nas etapas iniciais do processo de projeto. Para alcançar essa informação é necessária uma comunicação fluida entre projetista e usuário durante esse processo, avaliando possíveis estratégias que permitam minimizar diferenças de linguagem e ampliar a compreensão mútua do problema. Em muitos casos, o usuário leigo não possui conhecimento sobre a linguagem necessária para interpretação de representações arquitetônicas convencionais (plantas, cortes, elevações) e, portanto, apresenta dificuldade em expressar suas necessidades, anseios e desejos em relação ao espaço utilizando apenas as peças gráficas como representação do projeto (IMAI; AZUMA, 2015).

Este artigo apresenta e avalia uma proposta de dinâmica de simulação com potenciais usuários de HIS por meio de dois modelos, um físico associado a uma câmera e outro em realidade virtual com imagens em 360 graus. O objetivo do trabalho é demonstrar as potencialidades da simulação com instrumentos comerciais de baixo custo na captura de informações do usuário sobre o ambiente projetado, auxiliando o projetista no desenvolvimento do projeto arquitetônico. O modelo físico é composto por uma maquete na escala 1:10, associado a uma câmera e um *notebook*, cuja função é simular a visão do observador no interior da maquete. Já o modelo virtual é constituído por uma solução que utiliza panoramas *renderizados* dos ambientes, visualizado por meio de óculos 3D e um *smartphone*, com característica de imersão do indivíduo em um ambiente virtual.

O presente artigo descreve o desenvolvimento desses modelos e relata a sua aplicação em um estudo com 30 pessoas com perfis de potenciais usuários de HIS, divididos em dois grupos, sendo que o primeiro grupo realiza a dinâmica de interação com o projeto no Modelo Físico associado com o uso da câmera (MFA) inicialmente, e depois, passa a utilizar o Modelo

Virtual (MV), enquanto que o segundo grupo realiza a mesma dinâmica de maneira inversa. O objetivo dessa divisão em grupos é entender como a ordem de apresentação dos modelos pode influenciar a percepção dos usuários sobre o espaço projetado e influenciar nas características das informações coletadas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Garantir a participação efetiva dos usuários no processo de projeto demanda, sobretudo, o uso de métodos inteligíveis a diferentes grupos com capacidade de abstração e compreensão em variados níveis. Esses métodos devem permitir a coleta de dados e serem capazes de captar e interpretar informações subjetivas. Toda informação dependerá das experiências vividas e dos valores culturais intrínsecos ao grupo social no qual o indivíduo faz parte, influenciando sua interpretação da realidade, de modo que a percepção sobre o espaço é única em cada indivíduo, desenvolvida através de filtros específicos (BESTETTI, 2014).

Okamoto (2002) afirma que os filtros sensoriais de maior influência na percepção dos indivíduos sobre o ambiente são os fisiológicos e culturais, e que o desafio do projetista é decifrar essa informação subjetiva, proveniente das motivações pessoais, cuja fonte é modeladora do comportamento dos usuários. Interpretar a informação proveniente do filtro cultural é o desafio mais complexo, visto que depende da origem familiar e formação, sendo que, quanto maior for a escolaridade, maior será o reconhecimento e a compreensão do contexto perceptivo, social e cultural, haja vista o contato desse indivíduo com uma ampla gama de informações (OKAMOTO, 2002).

Uma forma de compreender essas características tão peculiares do comportamento das pessoas em relação ao ambiente é por meio de pesquisas avaliativas. Esse tipo de estudo exige uma abordagem perceptiva e cognitiva para entender as características físico-espaciais do espaço e a relação com o indivíduo. A percepção consiste na apreensão imediata da informação sobre determinado espaço por meio de um ou mais de nossos sentidos, podendo ocorrer devido à presença de objetos e eventos ao redor, sempre conectados ao comportamento imediato do indivíduo. A cognição, no entanto, é o modo como a informação, depois de recebida no cérebro, é codificada, armazenada e organizada, criando um processo mental no qual a pessoa vai acumulando conhecimento e definindo valores (GOLLEDGE; STIMSON, 1997).

Portanto, para o indivíduo, a qualidade no ambiente projetado e construído está intimamente ligada ao fato das atividades dos usuários estarem sendo realizadas de maneira satisfatória (REIS; LAY, 2006), envolvendo todo o ciclo construtivo, desde o planejamento anterior ao projeto, até a produção, manutenção e uso condizente com a função proposta (KOWALTOWSKI et al., 2012). De modo que, a inserção efetiva dos diversos agentes no processo de projeto, principalmente o cliente e o usuário, são de suma importância para contribuir na gestão da qualidade, pois permitem uma maior transparência no processo, gerando indicadores para a verificação posterior da obra (KOWALTOWSKI et al., 2012).

As avaliações com usuários têm uma papel fundamental na produção desses indicadores de qualidade dos empreendimentos, tanto nas etapas iniciais do projeto, quanto na etapa posterior ao uso. Estas constituem um conjunto de métodos que buscam a melhor compreensão das demandas habitacionais pela listagem dos aspectos negativos e positivos identificados por meio da opinião dos usuários e pelos levantamentos dos técnicos (RHEINGANTZ et al., 2009; VILLA; ORNSTEIN, 2013). No entanto, esse processo avaliativo demanda uma série de estratégias que permitam uma comunicação facilitada entre projetista e usuário, em prol do sucesso do projeto e da qualidade da edificação.

É nesse contexto que os modelos tridimensionais se aplicam, e

dependendo de suas características construtivas, podem contribuir com maior ou menor intensidade no processo de comunicação, chegando a antever conflitos projetuais. Os modelos tridimensionais físicos possuem a capacidade de avaliar a dimensão subjetiva do comportamento em relação ao espaço projetado (IMAI et al., 2015). E também, de forma diversa, aplicam-se as técnicas de computação gráfica - realidade virtual – que podem aferir, previamente, o desempenho de aspectos construtivos ou o grau de satisfação dos usuários com suas futuras instalações, através de técnicas de interação humana com os ambientes simulados (MALARD et al., 2002; KULIGA et al., 2015; JERALD, 2016).

Conforme Rozestraten (2003), o termo “modelo”, no universo das ciências, relaciona-se ao processo de conhecimento, envolvendo aspectos ligados à percepção, à experimentação e à reflexão sobre o mundo. Sendo que o modelo virtual, no contexto da pesquisa, se enquadra como um modelo experimental, cujo intuito é auxiliar a formular e testar hipóteses sobre o desempenho do espaço, enquanto que o modelo físico associado abrange mais conceitos de representação de objetos em escala matemática reduzida (ROZESTRATEN, 2003), ambos atrelados à percepção ambiental dos indivíduos sobre o espaço projetado.

Processo de Projeto com Modelos Físicos

As simulações ambientais no processo projetual constituem uma importante ferramenta de coleta de informações nas avaliações “*ex ante*” (antes do fato) neste processo, definindo melhor a programação arquitetônica (concepção e desenvolvimento do projeto). Elas podem contribuir para a melhoria da qualidade do ambiente, pois verificam se o objeto de estudo corresponde aos desejos e exigências dos futuros ou atuais usuários (VOORDT; WEGEN, 2013).

No contexto mais amplo, a simulação está relacionada às diversas situações geradas por meio de ferramentas de representação, expressando características de um sistema através do uso de outro sistema (WANG, 2013). Podendo ser entendido também, como um teste, experiência ou ensaio em que se reproduz artificialmente uma situação, ou as condições reais de um meio ou fenômeno, frequentemente, realizado com modelos (FERREIRA, 2010).

Por meio dos modelos tridimensionais físicos, as simulações podem ocorrer no campo da pesquisa tecnológica, pois permitem construir, guardadas as devidas proporções, os objetos em dimensões reduzidas, que buscam reproduzir de maneira simplificada as configurações principais do objeto original (IMAI, 2007). A concretização do espaço físico fica mais tangível e clara nesses modelos, quando comparada aos desenhos bidimensionais, pois facilitam a compreensão do indivíduo sobre a posição relativa de cada elemento arquitetônico no espaço, contribuindo para a apreensão imediata da informação, tanto pela visão quanto pelo tato (FLORIO; TAGLIARI, 2017).

Além disso, os modelos físicos exercem um papel importante no processo de comunicação, visto que expressam diretamente a intenção do projeto, principalmente para cliente e usuários com pouca experiência na leitura de desenhos. Em processos participativos, estes aumentam a percepção espacial dos usuários e alimentam discussões produtivas, evitando algumas interpretações equivocadas (KOWALTOWSKI et al., 2006).

O modelo tridimensional físico como ferramenta de comunicação no processo projetual possui algumas características que auxiliam na melhor compreensão do problema. Pesquisas anteriores demonstraram que eles apresentam potencial didático relevante, permitindo a participação e envolvimento de pessoas leigas no processo de projeto (IMAI, 2007; CELANI et al., 2009; AZUMA, 2016). Imai et al. (2015) constatam que quanto maior o nível de capacidade de abstração e de conhecimento prévio das pessoas, mais fácil será a capacidade de compreensão de uma representação gráfica tradicional (bidimensional). No entanto, como essa capacidade é variável

conforme o indivíduo, a representação que torna o objeto mais próximo ao universo de conhecimento das pessoas (tridimensional) é uma forma de tornar este objeto mais inteligível.

Simulações em Realidade Virtual

A pesquisa com realidade virtual tem início nos estudos de Ivan E. Sutherland em 1965 com a proposta de um dispositivo que poderia substituir completamente os sentidos dos usuários permitindo uma imersão total em um cenário simulado por computador (CRUZ-NEIRA et al., 1992). Em meados dos anos 1990 e 2000, diversos estudos surgiram com aplicações práticas diversas, desde simuladores para treinamentos militares (PLATT, 1990), aplicações médicas (ASANA et al., 1997), melhoramento de processos industriais (WANG; LI, 2004), dentre outras aplicações. Na Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) a tecnologia é aplicada principalmente na comunicação visual, em processos colaborativos de projeto e no gerenciamento de processos construtivos (HUANG et al., 2007; ROSENMAN et al., 2007; KIM et al., 2013).

Através do avanço das técnicas de computação gráfica ao longo dos últimos anos, as simulações virtuais constituíram-se em um campo importante na pesquisa tecnológica, apresentando amplas possibilidades de interação humana e revelando importantes experiências perceptivas e corporais que relacionam o desempenho do usuário com o mundo real (KULIGA et al., 2015). Por apresentar grandes variações de interfaces e aplicações computacionais, essa tecnologia permite ao usuário navegar e interagir, em tempo real, em ambientes tridimensionais digitais usando dispositivos multissensoriais (KIRNER; KIRNER, 2011).

A Realidade Virtual (RV) é caracterizada como um ambiente digital gerado por computador que pode ser experimentado, interagindo com o ser humano como se esse ambiente fosse real (JERALD, 2016). Essa configuração pode ser definida como “um espaço digital no qual os movimentos do usuário são rastreados e seus arredores são *renderizados* (compostos digitalmente) e exibido aos sentidos, de acordo com esses movimentos” (FOX et al., 2009, p.95). A simulação, interação e imersão, são os princípios básicos que guiam as pesquisas desenvolvidas em RV (PRATSCHKE et al., 2000), possibilitando ao indivíduo a capacidade de vivenciar espaços inexistentes fisicamente por meio de dispositivos que geram a impressão de estar no ambiente criado pelo computador (FREITAS; RUSCHEL, 2010).

A imersão no ambiente virtual é uma das características mais relevantes da tecnologia de RV no campo da AEC, Wendt (2011, p.211), define a imersão como à sensação subjetiva do indivíduo de “estar presente” no ambiente simulado, e que isso é possível, através dos sistemas de navegação inseridos nos dispositivos sensoriais, permitindo que a pessoa explore e se oriente corretamente no espaço simulado.

Além disso, a interação também é um ponto fundamental dessa tecnologia, uma vez que, para que a experiência de um usuário seja satisfatória no ambiente virtual é necessário que ocorra uma interação entre ele e o dispositivo. A interação é o meio de comunicação entre usuário e a aplicação de RV que é mediada através do uso de dispositivos (JERALD, 2016). Na RV essa interação acontece através de uma interface baseada em habilidades e conhecimentos intuitivos, gerando maior engajamento e eficiência dos sistemas no momento em que as cenas serão alteradas como resposta decorrente da movimentação do usuário no espaço tridimensional.

A imersão em RV é comumente realizada em um dispositivo que constitui uma tela montada na cabeça do indivíduo - HMD (*Head-Mounted Display*) - conhecido comercialmente como óculos de Realidade Virtual ou óculos 3D. Esse óculos é capaz de apresentar um panorama de imagens em 360 graus, em RV imersiva, capaz de suportar aplicações interativas num ambiente esférico reproduzido com precisão (SEE; CHEOK, 2015). Segundo See e Cheok (2015) esse sistema com óculos 3D (HMD) melhora a maneira de interação com imagens baseadas em sistemas de localização e permite

acessar ampla variedade de informação visual em RV, que pode ser estudado por meio da experiência do usuário.

Essa premissa de analisar a experiência do usuário surge de estudos no desenvolvimento de interfaces Humano-Computador e concentra-se no lado humano da conexão entre usuário e a máquina, através da interação (JERALD, 2016). Esse método consiste no desenvolvimento de um sistema que permita que usuários-alvo da pesquisa, realizem tarefas através da interação no sistema para demonstrar a usabilidade do produto, de modo que sua experiência de uso seja avaliada (KULIGA et al., 2015; RUBIN; CHISNELL, 2008; MADATHIL; GREENSTEIN, 2017).

MATERIAIS E MÉTODO

Objeto de Estudo

Para propor e validar uma dinâmica de análise do projeto arquitetônico com o usuário é necessário representar um projeto de HIS através de modelos de simulação e, para isso, optou-se pela escolha de um projeto premiado em Concurso Nacional de Projetos de Arquitetura, uma vez que a proposta vencedora passa pelo crivo de uma comissão julgadora (técnicos) e é considerada como de maior qualidade arquitetônica.

O projeto escolhido como objeto de estudo obteve a primeira colocação no concurso realizado pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal (CODHAB/DF) no ano de 2016, que tinha o objetivo de escolher uma proposta de edifício vertical destinado a unidades de interesse social para região administrativa de Samambaia – RA XII¹, zona periférica de Brasília.

Os autores da proposta vencedora² desenvolveram dois tipos de unidades habitacionais contendo sala e cozinha integradas, lavanderia, dois dormitórios e um banheiro. Neste estudo, foi escolhida a unidade tipo B para o desenvolvimento dos modelos de simulação. Esta proposta possui área total de 50m² na unidade e foi baseada nas imagens que compõem as pranchas do projeto disponibilizadas no site com os resultados do concurso.

Modelo Físico associado com o uso de câmera (MFA)

O modelo tridimensional físico proposto (maquete) foi executado na escala 1:10 e construído sobre uma base de chapa de MDF³ com paredes em estrutura de MDF de 15mm e 9mm de espessura, de acordo com as dimensões do projeto. A maquete é aberta na parte superior para permitir uma melhor visualização dos ambientes, a compreensão da totalidade do projeto e a interação com o usuário.

O tamanho total da maquete é de 80x70x26cm, e o seu foco principal são as características do projeto em seus ambientes internos, sendo que as esquadrias e elementos vazados apenas simulam a transparência do material vidro corresponde ao projeto.

Na interface do entrevistado com o modelo foi utilizada uma *webcam* que filmou e fotografou em HD (*high definition*), modelo C270 Logitech (Figura 1), e um *notebook* que transmitiu em tempo real as imagens captadas pela câmera. O objetivo dessa associação foi permitir a interação do usuário com a maquete e mostrar a ele uma visão dos ambientes projetados em um nível próximo ao de um usuário percorrendo o ambiente.

¹ Projeto completo disponível em <<http://www.codhab.df.gov.br/concursos/uhc-samambaia/resultado>> Acesso em 03/05/18.

² Equipe de Curitiba-PR composta por Manoel Izidro Coelho, Antônio Abrão, Andréia Ferrari, Victor Escorsin, Eduardo Cecco e Patricia Sledz.

³ MDF é a sigla de *Medium Density Fiberboard*, placa de fibra de média densidade, de material oriundo da madeira, fabricado com resinas sintéticas <<https://www.significados.com.br/mdf/>>.



A *webcam* foi conectada ao *notebook* por meio de um fio fazendo com que o usuário segure a câmera inserindo-a dentro da maquete e percorrendo todos os ambientes. Dessa forma, foi realizado um percurso pelo interior dos ambientes utilizando a câmera e visualizando as imagens geradas em tempo real na tela do *notebook*.

Figura 1: Modelo associado composto por maquete e câmera

Fonte: Dos autores



Figura 2: Visão do interior da maquete física por meio da câmera

Fonte: Dos autores

Modelo Virtual (MV)

O fundamento principal do MV proposto consiste na reprodução do projeto escolhido num ambiente virtual imersivo. Um modo de se conseguir esse objetivo é desenvolver um panorama⁴ dos ambientes da unidade habitacional. Para produzir esse panorama são necessárias fotografias de múltiplos ângulos de visão (acima, abaixo e laterais), que são combinadas num formato esférico através de aplicativos de processamento de imagens.

⁴ Panorama é uma visão extensa sem obstáculos de uma paisagem, ao redor do observador, através de múltiplos ângulos (FERREIRA, 2010).

Para alcançar a característica de imersão, quando o usuário não tem mais a visão do mundo real, constatou-se que um procedimento de *tour* virtual poderia contribuir para a dinâmica proposta. O mesmo foi constituído pela conexão de uma série de imagens exibidas em 360 graus, produzindo uma espécie de percurso onde o usuário recebe as informações deslocando-se pelos ambientes.

Para isso, a unidade habitacional foi modelada virtualmente no programa *3D Studio Max*, com base nas imagens internas do projeto constantes nas pranchas do concurso. Após a modelagem foram *renderizadas* cinco imagens, uma de cada ambiente da habitação, utilizando o *plugin V-Ray 3.0*. O formato da *renderização* foi configurada para produzir uma imagem esférica (Figura 3), constituindo um panorama de todo o ambiente simulado e posteriormente, a visualização em 360 graus. Para a simulação foram necessárias imagens esféricas de cada ambiente projetado para que fosse configurado um *tour* virtual em uma plataforma *online*, que faz a junção de todos os panoramas em um único sistema.



Figura 3: Imagem esférica renderizada

Fonte: Dos autores

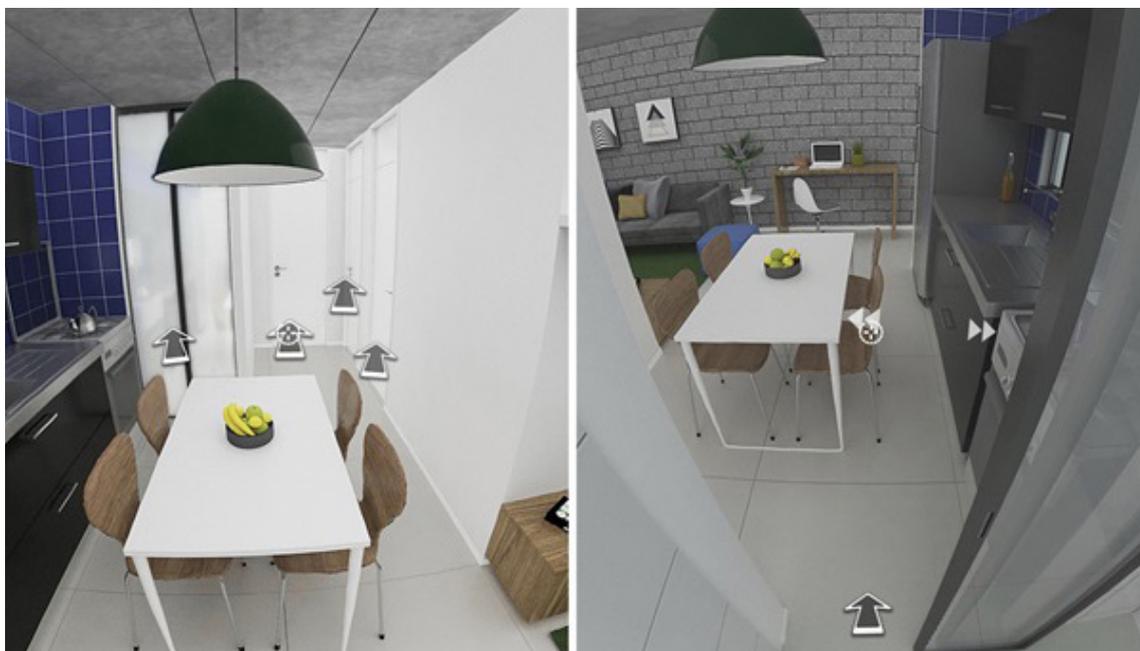
O princípio básico de utilização das imagens esféricas é a associação com dispositivos móveis, neste caso, um *smartphone*. Para este estudo foi utilizado o *smartphone iPhone 7 Plus* da *Apple* com tela de 5,5 polegadas *Full HD* (1920x1080 pixels, com densidade de 401 pixels por polegada). Além disso, é imprescindível que o dispositivo possua um giroscópio para que a posição e movimentos do corpo humano sejam captados e ocorra a interação no sistema de RV.

Para o *tour* virtual foram produzidas cinco imagens que correspondem ao número de ambientes da unidade habitacional, constituído por: sala integrada com a cozinha; dormitório do casal, dormitório dos filhos; banheiro e lavanderia. Foi utilizada a plataforma *online ImersioVR*⁵ para conversão de imagens esféricas no *tour* virtual em 360 graus. Esse tipo de plataforma permite a produção do *tour* com suporte aos óculos 3D ou a visualização em *desktops* e *smartphones* com acesso à internet. Para interação no sistema são configurados *hotspots*⁶ que conectam as imagens. Estes consistem em setas localizadas nas portas dos ambientes e a ícones de avançar e retroceder que flutuam no centro da imagem (Figura 4). O acionamento do *hotspot* é feito por um ícone em forma de alvo, que fica posicionado no centro da tela, e ao girar a cabeça, o usuário posiciona o alvo em cima do *hotspot* por 3 segundos para que a troca de imagem aconteça.

Após a configuração do *tour*, a plataforma gera um *link* que direciona para a sua visualização no *site* da mesma. Dessa forma, o *link* pode ser acessado por um *smartphone* inserido nos óculos 3D para realização da simulação.

⁵ <http://imersiovr.com/> Acesso em 03/05/18.

⁶ Espécie de marcador inserido na imagem com a finalidade de direcionar o usuário até a imagem seguinte, ou retornar a imagem inicial (Definição dos autores).



Os procedimentos para a realização da simulação no MV consistem em: (i) acessar o *link* gerado na plataforma *ImersioVR* através do *smartphone*; (ii) ativar o modo *cardboard*⁷ na visualização das imagens (a imagem é subdividida e relocada no formato paisagem); (iii) inserir o *smartphone* nos óculos 3D; (iv) colocar os óculos na cabeça e ajustar o foco das imagens através dos botões de ajuste localizados na parte superior dos óculos.

Figura 4: Visualização dos *hotspots* para troca de imagens

Fonte: Dos autores

Coleta de Dados

O estudo propõe uma dinâmica com o uso de ferramentais (modelos tridimensionais) e métodos de coleta de dados (questionário, observações comportamentais, simulações), tendo como referência o projeto escolhido. Essa dinâmica foi estruturada em um roteiro que contém um formulário com orientações ao pesquisador e questionamentos aos entrevistados/participantes com questões de múltipla escolha, questões avaliativas com gradação (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo) e questões abertas.

O roteiro de aplicação da pesquisa apresenta, inicialmente, uma pequena entrevista para identificação do perfil dos usuários, logo após, inicia-se a apresentação dos modelos de simulação e as questões de coleta das informações. Com base em Smythe e Spinillo (2017), as seguintes técnicas foram inseridas na estrutura do roteiro:

- **Percurso cognitivo:** ato de percorrer um sistema simulado realizando tarefas pré-definidas; utiliza-se uma lista de verificação relacionada à percepção do participante em relação ao ambiente;
- **Protocolo verbal:** o usuário explica em voz alta aquilo que está pensando (intenções, dúvidas, problemas), além de comentar suas impressões pessoais sobre o sistema, enquanto executa uma tarefa determinada;
- **Teste de usabilidade:** coleta de dados sobre a interação de usuários enquanto realizam tarefas de uso do produto ou sistema;
- **Observação do participante:** captação por parte do pesquisador, da realidade que se pretende analisar, principalmente do comportamento do usuário.

⁷ A palavra *cardboard* pode ser traduzida do inglês como cartão de papelão. O termo representa um artefato de baixo custo, semelhante a um par de óculos, para encaixar um *smartphone* que permite o desenvolvimento de aplicativos de realidade virtual (Definição dos autores).

As questões do roteiro indagavam os usuários sobre a compreensão dos espaços representados por meio dos modelos, aspectos de dimensionamento de ambientes, circulações, iluminação, fechamentos e aberturas. Os usuários também foram estimulados a propor mudanças no projeto representado, comparar a forma de representação utilizada e avaliar aspectos de usabilidade do ferramental. As técnicas utilizadas tiveram o intuito de avaliar os modelos de simulação como uma forma de identificar quais as potencialidades e limitações de cada instrumento.

Por meio do percurso cognitivo, o participante buscou percorrer e identificar os ambientes simulados, utilizando a técnica de protocolo verbal. A análise de usabilidade permitiu encontrar possíveis erros no sistema, de modo que esse aspecto foi observado pela facilidade ou dificuldade de uso dos participantes, bem como pela lentidão ou rapidez na execução das tarefas e pela precisão das respostas fornecidas. A usabilidade em sistemas de RV pode ser baseada na experiência do usuário, de forma a identificar “o quão fácil é para o usuário final aprender a usar o sistema, quão eficientemente ele irá utilizar o sistema assim que aprenda como usar e quão agradável é o seu uso” (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003, p.166).

O método foi aplicado em 30 pessoas com perfis que correspondem a potenciais usuários de HIS, com variação de gênero e idades. Os participantes foram divididos em dois grupos com a inversão da ordem de apresentação dos modelos de simulação. Eles foram escolhidos mediante entrevista prévia que selecionou participantes cuja renda familiar se enquadra na faixa I do Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, para que recebam subsídios maiores para financiamento de imóveis de interesse social.

As simulações ocorreram em uma sala de aula de um estabelecimento de ensino público em dezembro de 2017. O tempo de duração de cada dinâmica com o usuário levou uma média de 20 minutos, sendo que o leiaute desse ambiente segue a configuração da Figura 5, com modificações na posição dos elementos de acordo com a aplicação da simulação no MFA ou no MV.

O trabalho em questão, por se tratar de pesquisa com seres humanos, foi submetido à apreciação através da Plataforma Brasil e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número: 79595917.0.0000.5231 e parecer número: 2.452.366.

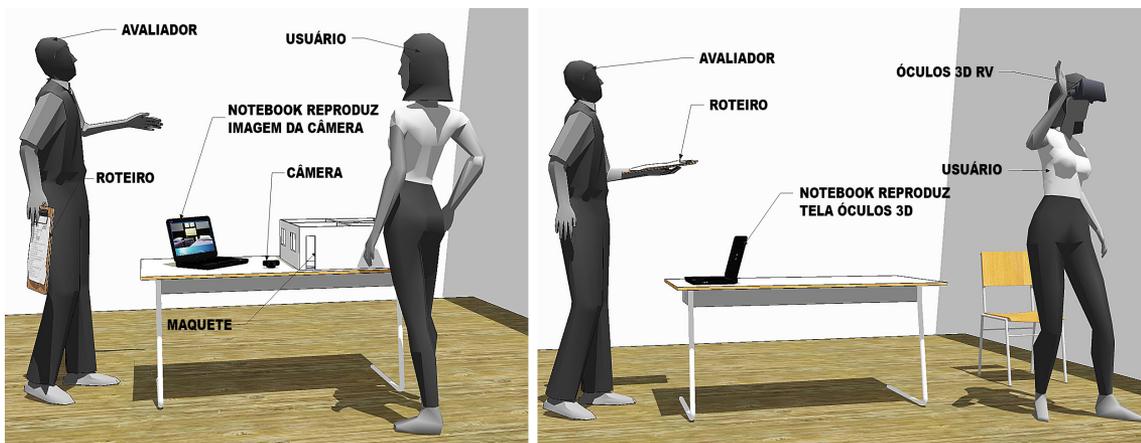


Figura 5: Leiaute de aplicação da simulação - MFA e MV respectivamente

Fonte: Dos autores

RESULTADOS

O resultado da dinâmica com potenciais usuários revelou que cada instrumento apresentou ganhos de comunicação de ideias de acordo com perfis específicos, fazendo com que fosse possível identificar detalhes do projeto que poderiam passar despercebidos em uma representação

convencional. Quando se relacionam os perfis de usuários, conclui-se que aqueles com faixa etária maior apresentam mais dificuldade na utilização do MV, possivelmente por não estarem tão habituados com esse tipo de tecnologia e/ou não poderem usar seus óculos de grau durante a dinâmica. No entanto, esse fato não ocorreu no MFA, que apresentou resultados melhores para esse perfil em específico. Ao interagir com algo tátil, percebeu-se que usuários de maior faixa etária ficaram mais confortáveis na simulação, sendo que o contato físico pode dar certa aproximação, até mesmo emocional, com o objeto.

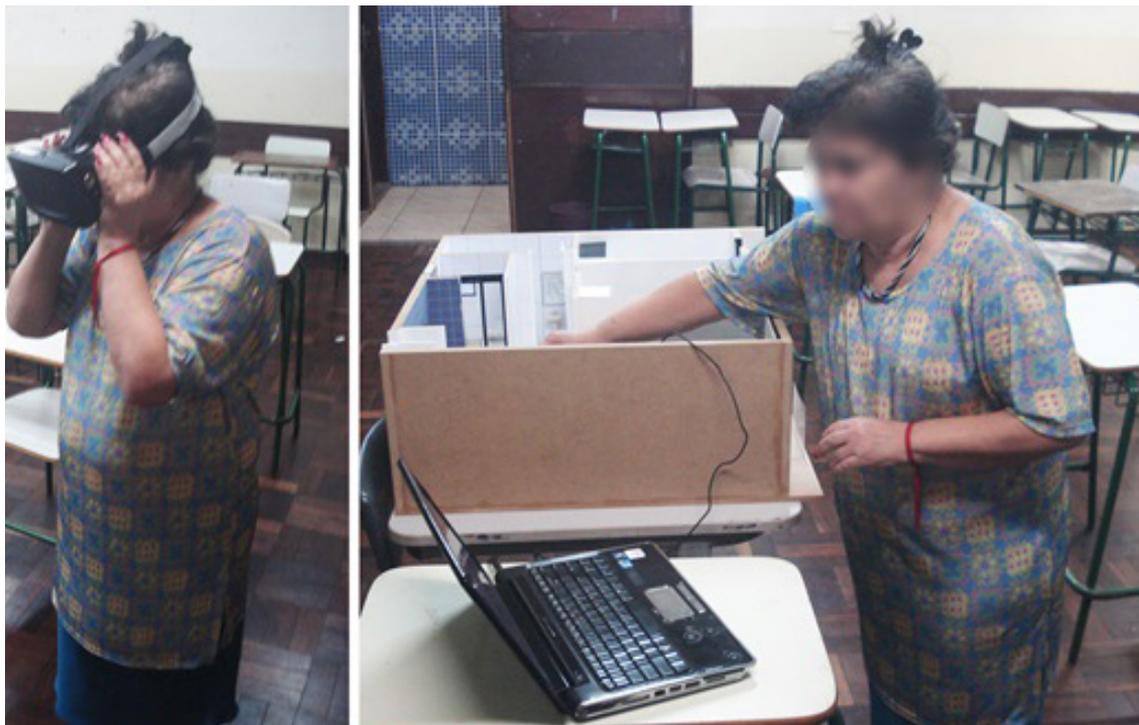


Figura 6: Usuário durante a simulação nos dois modelos

Fonte: Dos autores

Com relação a mudanças no projeto, o Gráfico 1 mostra como o MFA estimulou mais os participantes a refletirem sobre suas necessidades e anseios devido a essa interação mais confortável com a ferramenta e o domínio do conjunto do projeto. No geral, os usuários pensaram mais na totalidade do projeto e propuseram relocar espaços, integrar, separar ou abrir ambientes. A maioria deles foram capazes de refletir sobre soluções para aumentar o espaço da cozinha, por exemplo, integrando com a lavanderia ou mudando a posição da porta de entrada para ganhar espaço no ambiente.

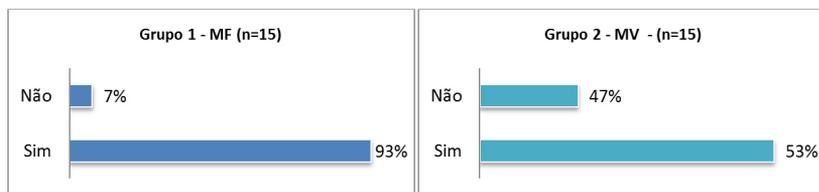


Gráfico 1: Você faria modificações nesse projeto? Quais?

Fonte: Dos autores

Já o MV, devido as suas características de representação da imagem de cada ambiente separado, estimulou mudanças menores no projeto, referentes a um local específico. Por exemplo, a substituição de móveis, dos revestimentos e cores ou ainda, a análise das dimensões de circulações internas, leiaute e preferências espaciais. O usuário tende a sugerir mudanças naquele ambiente específico, apresentando dificuldades de refletir sobre integração/separação de espaços.

Ao percorrer os espaços simulados e cumprir a tarefa de identificá-los corretamente (percurso cognitivo e protocolo verbal), o usuário revelou indicadores de usabilidade dos modelos, permitindo ao avaliador encontrar possíveis falhas nas ferramentas utilizadas. Além disso, a usabilidade pôde ser verificada coletando dados relacionados ao nível de facilidade ou dificuldade na utilização do sistema pelo usuário, através da observação do participante e ouvindo sua opinião. No Grupo 1 (pessoas que iniciaram o procedimento no MFA), os índices predominaram entre razoável e fácil, enquanto que no Grupo 2 (pessoas que iniciaram o procedimento no MV), a maioria classificou como de fácil utilização.

A parte final do roteiro de simulação questionou a opinião do usuário sobre a experiência de simulação com os dois modelos, sendo que os dados obtidos indicaram que parte dos respondentes compreendem diferentes aspectos em cada modelo, com certa prevalência na percepção da compreensão geral do projeto pelo MV.

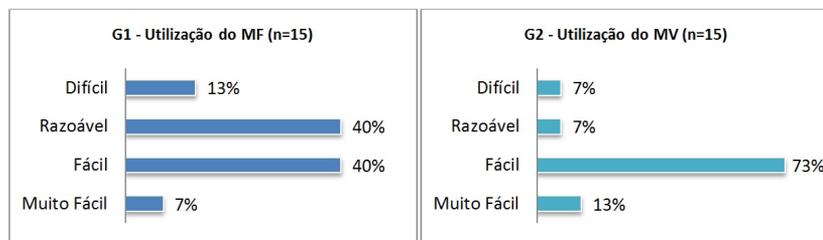


Gráfico 2: Qual o nível de dificuldade ou facilidade na utilização desse modelo?

Fonte: Dos autores

Foi possível constatar no Gráfico 3 que no G1 a maioria dos usuários relatou compreender aspectos diferentes do projeto em cada modelo, fato esse que ocorreu com a maioria no G2 também. No entanto, no G2, um maior número de pessoas (27%) acredita que compreendeu melhor o projeto pelo MV, que foi o primeiro no qual esse grupo teve contato.

A origem desse resultado mais discrepante no G2 pode ser devido à possibilidade do MV, quando apresentado primeiro, causar certo deslumbramento com a tecnologia, mais do que o procedimento inverso. Através da observação do comportamento dos usuários, foi possível verificar que o MV causa certo encantamento, influenciando, em alguns casos, as respostas sobre a compreensão dos espaços. Portanto, é importante desenvolver táticas para minimizar esse efeito junto ao usuário, pois, em alguns casos, a resposta do participante não necessariamente corresponde ao que foi questionado.

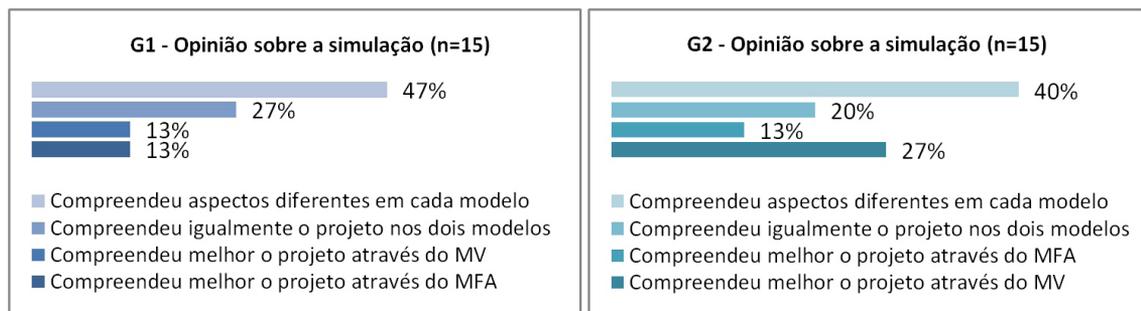


Gráfico 3: Opinião dos respondentes sobre a compreensão espacial por meio dos modelos

Fonte: Dos autores

Além dessa avaliação do usuário sobre o modelo, a observação do seu comportamento durante a simulação e o seu desempenho na realização das tarefas pré-determinadas, contribuíram para permitir uma interpretação mais clara sobre essas questões. O Quadro 1 sintetiza as potencialidades de aplicação dos modelos no processo de projeto em diferentes aspectos:

	MODELO VIRTUAL	MODELO FÍSICO ASSOCIADO
PERFIL DE USUÁRIOS	Recomendado para qualquer faixa etária e grau de instrução, no entanto, usuários mais familiarizados com tecnologias da informação apresentam resultados melhores. Usuários idosos, com dificuldades visuais, tontura ou vertigem, podem ter o uso prejudicado.	Recomendado para qualquer faixa etária de usuário e grau de instrução, no entanto, usuários de maior faixa etária possuem mais facilidade na utilização deste instrumento, produzindo resultados melhores.
REPRESENTAÇÃO DE IDEIAS	Representa melhor aspectos inerentes a um ambiente específico, tamanho, revestimentos, cores, móveis, objetos, iluminação, esquadrias, entre outros.	Representa melhor o conjunto dos ambientes que compõem o projeto. Apresenta melhor a ideia da habitação completa e sua relação com os demais ambientes.
FINALIDADE	Estimula o usuário a comunicar suas preferências sobre características mais específicas de cada ambiente, como leiaute, proporções, móveis e revestimentos. Capta com clareza a aceitação de ideias sobre o interior dos ambientes, decisões projetuais sobre leiaute, esquadrias, acabamentos de cores e materiais, entre outros.	Estimula o usuário a propor modificações mais complexas no projeto, como troca de ambientes, aberturas e fechamentos de espaços e posição de portas e janelas. Capta melhor as necessidades espaciais básicas do usuário, como quantidade, dimensão e posição dos ambientes no projeto.
LIMITAÇÃO	A falta de conexão ou visualização entre o conjunto dos ambientes que compõem o projeto pode dificultar a comunicação de ideias com o usuário. Recomenda-se o uso dessa simulação para projetos com dimensões maiores, para evitar que a distorção da perspectiva cause efeitos indesejáveis sobre a percepção dos usuários.	A visão de cima da maquete dificulta a compreensão de todos os elementos do projeto e alguns detalhes podem ser perdidos caso seja necessário captar as preferências específicas de um ambiente. A associação com uma câmera só é recomendada para maquetes em escalas maiores ou com espaços maiores, para que o ângulo de visão seja eficiente.
CARACTERÍSTICA MAIS RELEVANTE	A característica imersiva estimula a sensação de presença no ambiente e permite vivenciar aquele espaço numa escala mais próxima da realidade.	Interação e manipulação tátil dos elementos que compõem o projeto, estimulando propostas de modificações mais adequadas as necessidades dos usuários.
PESQUISAS FUTURAS	Os modelos são complementares, a exploração de multimétodos é um caminho mais adequado para diferentes contextos de pesquisa. Identificar mais maneiras de interação entre o usuário e o modelo também é um ponto importante, visto que a interação foi fundamental para inserir o usuário de maneira efetiva no processo de projeto.	

Quadro 1: Potencialidade de aplicação dos modelos de simulação no processo de projeto

Fonte: Dos autores

CONCLUSÕES

O estudo buscou explorar a potencialidade de aplicação de dois modelos de simulação com ferramentas comerciais e de baixo custo, facilmente aplicáveis nas etapas iniciais do processo de projeto arquitetônico, cujo objetivo principal era facilitar a comunicação de ideias dos agentes envolvidos, coletando informações subjetivas do usuário ouvido.

A abstração do MFA contribui para comunicar ideias projetuais aos usuários leigos, informações sobre preferências espaciais, relações de uso de um ambiente ou outro, identificando ainda, perfis de usuários diversificados. Sendo assim, transmite para o projetista, as necessidades e preferências dos usuários sobre a utilização futura do ambiente projetado, identificando durante esse processo, possíveis inconsistências do projeto. A aplicação desse modelo no início de um estudo preliminar de projeto seria o ideal, justamente pelas características das informações coletadas, que podem vir a gerar mudanças mais complexas nos projetos.

O MV por outro lado, concentra informações subjetivas influenciadas por gostos pessoais, preferências por cores, aspectos de iluminação e leiaute dos ambientes. A imersão em ambiente virtual promove uma compreensão muito boa dos espaços próximos ao ponto de onde a imagem foi gerada, da visão do observador. Sendo que nos pontos mais distantes da imagem, podem ocorrer distorções de representação que dificultam a compreensão do tamanho dos espaços pelos usuários. A aplicação desse modelo no final de um estudo preliminar de projeto, por exemplo, seria o ideal para entender a aceitação das propostas de soluções projetuais junto aos usuários.

Com relação à ordem de contato dos usuários com os modelos e a influência dessa ordem na avaliação, verificou-se que o MFA foi melhor avaliado pelo G2 e o MV melhor avaliado pelo G1. Em ambos os casos, o segundo modelo a ser apresentado ao usuário foi melhor avaliado que o primeiro, revelando que o usuário tende a se familiarizar com o projeto no primeiro meio de representação e, ao passar para o segundo, recebe e compreende melhor as informações.

Ambos os modelos apresentaram limitações. A escala 1:10 do MFA limita seu uso para pequenos projetos, sendo que seu tamanho e peso são fatores que dificultam o transporte e aplicação da simulação em alguns contextos de pesquisa. Além disso, é necessário um modelo de câmera com ângulo de abertura maior e com efeito macro para que a imagem seja melhor compreendida pelo usuário, evitando o desfoque dos objetos. No MV, a limitação do software utilizado para o *tour* pode dificultar a aplicação em determinados contextos. Seria importante inserir a representação da planta baixa do projeto no ambiente virtual, por exemplo, no entanto o software utilizado não permitiu essa representação.

Outro ponto relevante identificado no estudo é que a configuração de visualização final do MFA: maquete + câmera + *notebook*, criou um ponto de vista totalmente diferente para o usuário, desvirtuando o uso convencional da maquete. A maquete associada à câmera perde um pouco da característica física do instrumento, tornando-se um híbrido, visto que passa a utilizar a tecnologia de RV não imersiva, através da representação dos ambientes na tela do *notebook*. Essa associação pode confundir o usuário no momento da utilização, visto que ele está diante de dois níveis de visualização muito discrepantes.

Diante dos resultados obtidos, a recomendação de aplicação dos modelos na etapa inicial de projeto arquitetônico seria ideal da seguinte forma: durante um estudo preliminar, utiliza-se o MFA para capturar preferências espaciais que resultariam em mudanças mais complexas no projeto, e em seguida, após uma revisão do projeto, aplica-se o MV com

os usuários para mensurar o nível de aceitação das soluções projetuais adotadas pelo projetista. Desse modo, o projetista teria um *feedback* positivo do usuário ainda na etapa inicial de concepção do projeto, auxiliando as etapas seguintes do processo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a Fundação Araucária pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASANA, T.; YANO, H.; IWATA, H. Basic Technology of Simulation System for Laparoscopic Surgery in Virtual Environment with Force Display. **Medicine Meets Virtual Reality**, v.39, p.207-215, 1997.
- AZUMA, M. H. **Customização em massa de projeto de Habitação de Interesse Social por meio de modelos paramétricos**. 2016. 256f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo – DINTER USP/UEM/UJEL, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.
- BRANDÃO, D. Q. Disposições técnicas e diretrizes para projeto de habitações sociais evolutivas. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.11, n.2, p.73-96, abr./jun. 2011.
- CARDOSO, A. L.; ARAGÃO, T.A. Do fim do BNH ao programa minha casa minha vida. In: **Série: Habitação e Cidade. O Programa Minha Casa Minha Vida e seus efeitos territoriais**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013.
- CRUZ-NEIRA, C.; SANDIN, D.; DEFANTI, T.; KENYON, R.; HART, J. The Cave: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment. **Communications of the ACM**, v.35, n.6, p.65-72, 1992.
- BESTETTI, M. L. T. Ambiência: espaço físico e comportamento. **Revista Brasileira Geriatria e Gerontologia**, Rio de Janeiro, v.17 (3), p.601-610, 2014. doi.org/10.1590/1809-9823.2014.13083
- CELANI, M. G. C.; PUPO, R.; PICCOLI, V.; CLAUDINO, A. E. S.; CARVALHO, J.; BOTTESINI, E. O processo de produção de uma maquete com técnicas de prototipagem digital. In: XIX Simpósio Nacional da Geometria Descritiva e Desenho Técnico - Graphica, 2009. **Anais...** Bauru: UNESP, 2009.
- CONCEIÇÃO, P. A.; IMAI, C.; URBANO, M. R. Captura e hierarquização de requisitos do cliente de habitação de interesse social a partir da avaliação pós-ocupação e da técnica de preferência declarada. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v.10, n.1, p.79-98, jan./jun. 2015. doi.org.br/10.11606/gtp.v10i1.98795
- FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 5ª Edição, Positivo, 2010.
- FLORIO, Wilson; TAGLIARI, Ana. R. Modelos físicos na prática de projeto de edifícios: uma experiência didática. **Revista Projetar**, Natal, v.2, n.2, p.3-26, ago. 2017.
- FOX, J.; ARENA, D.; BAILENSON, J. N. Virtual reality: a survival guide for the social scientist. **Journal of Media Psychology**, v.21 (3), p.95-113, 2009. doi.org/10.1027/1864-1105.21.3.95
- FREITAS, M. R.; RUSCHEL, R. C. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. **Arquiteturarevista**, v.6 (2), p.127-135, 2010. doi.org/10.4013/arq.2010.62.04
- GOLLEDGE, Reginald; STIMSON, Robert. **Spatial behavior: a geographic perspective**. New York: The Guilford Press, 1997.
- HUANG, T.; KONG, C. W.; GUO, H. L.; BALDWIN, A.; LI, H. A Virtual Prototyping System for Simulating Construction Processes. **Automation in Construction**, v.16, n.5, p.576-585, 2007.
- IMAI, César. **A utilização de modelos tridimensionais físicos em projetos de habitação social: o Projeto Casa Fácil**. 2007. 326f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- IMAI, C.; AZUMA, M.H.; RODRIGUES,

- R.; ZALITE, M. O modelo tridimensional físico como instrumento de simulação na habitação social. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v.10, n. 2, p.7-19, jul./dez. 2015. doi.org/10.11606/gtp.v10i2.101782
- IMAI, C.; AZUMA, M. H. A compreensão do objeto arquitetônico por meio do uso de protótipos tridimensionais - um estudo comparativo. In: Geometrias & Graphica 2015. Viana, V. (Ed.). **Proceedings...** Lisboa, Porto: Aproved. October, 2015.
- JERALD, Jason. **The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality**. ACM Books, 2016.
- KIM, M. J.; WANG, X.; LOVE, P. E.; LI, H.; KANG, S. C. Virtual Reality for the built environment: a critical review of recent advances. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 18, p. 279-305, 2013.
- KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Development of an educational spatial game using an augmented reality authoring tool. **Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications**, v.3, p.602-611, 2011.
- KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. D.; PINA, S. A. M.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G.; LABAKI, L. C.; PETRECHE, J. R. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.6, n.2, p.07-19, abr./jun. 2006.
- KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; GRANJA, A. D.; MOREIRA, D. C.; SILVA, V. G.; PINA, S. A. M. G. Métodos e instrumentos de avaliação de projetos destinados à habitação de interesse social. In: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade Ambiental na habitação, avaliação pós-ocupação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- KOWALTOWSKI, Doris C.C.K.; MOREIRA, D. C.; DELIBERADOR, M. S. O programa arquitetônico no processo de projeto: discutindo a arquitetura escolar, respeitando o olhar do usuário. In: **Projetos Complexos e os Impactos na Cidade e na Paisagem**, Editora da UFRJ, Rio de Janeiro, 2012, pp. 160 - 185.
- KULIGA, S. F.; THRASH, T.; DALTON, R.C.; HOLSCHER, C. Virtual reality as an empirical research tool - Exploring user experience in a real building and a corresponding virtual model. **Computers, Environment and Urban Systems**, v.54, p.363-375, 2015. doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.006
- MADATHIL, K. C.; GREENSTEIN, J. S. An investigation of the efficacy of collaborative virtual reality systems for moderated remote usability testing. **Applied Ergonomics**, v.65, p.501-514, 2017.
- MALARD, M. L.; CONTI, A.; SOUZA, R. C. F.; CAMPOMORI, M. J. L. Avaliação pós ocupação, participação do usuário e melhoria da qualidade de projetos habitacionais: uma abordagem fenomenológica com o apoio do Estado. In: ABIKO, Alex Kenya; ORNSTEIN, Sheila Walbe (Orgs). **Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social**. São Paulo: FAUUSP - Coletânea Habitare/FINEP, 2002.
- OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e Comportamento: visão Holística da Percepção Ambiental na Arquitetura e na Comunicação**. São Paulo: Mackenzie; 2002.
- PALERMO, C. Avaliação da qualidade no projeto de HIS: uma parceria com a Cohab/SC. In: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (Org.). **Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 209-233.
- PLATT, P. A. **Real-Time Flight Simulation and the Head-Mounted Display - an Inexpensive Approach to Military Pilot Training**, 1990. 81p. Thesis (Master of Science) - Air Force Institute of Technology, 1990.
- PRATSCHKE, A.; MOREIRA, E. S.; TRAMONTANO, M. Contribuição para a Conceituação de Realidade Virtual. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL - Sigradi, 4, Rio de Janeiro, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000.
- REIS, A. T. L.; LAY, M. C. D. Avaliação da qualidade de projetos - uma abordagem perceptiva e cognitiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.6, n.3, p.21-34, jul./set. 2006.
- RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA, D.; QUEIROZ, M. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. Rio de Janeiro, UFRJ, FAU, PROARQ, 2009.
- ROCHA, H. V. D.; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador**. Campinas, SP: NIED/UNICAMP, 2003.
- ROSENMAN, M. A.; SMITH, G.; MAHER;

M. L.; DING, L.; MARCHANT, D. Multidisciplinary Collaborative Design in Virtual Environments. **Automation in Construction**, v. 16, n. 1, p.37-44, 2007.

ROZESTRATEN, A. **Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na antiguidade: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto**. 2003. 299f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

RUBIN, Jeff; CHISNELL, Dana. **Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests**. Wiley Publishing, Inc, 2008.

SANOFF, Henry. Special issue on participatory design. **Design Studies**, v.28, n.3, p.213-215, 2007.

SEE, Z. S.; CHEOK, A. D. Virtual reality 360 interactive panorama reproduction obstacles and issues. **Virtual Reality**, v.19, p.71-81, 2015.

SMYTHE, K. C. A. S.; SPINILLO, C. G. Avaliação de métodos e técnicas para inserção do usuário na fase inicial do processo de design de sistemas wayfinding. **Infodesign**. São Paulo, v.17, n.1, p.14-29, 2017.

VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (Org.). **Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. C. P.; GARCIA, L. C. **Avaliação pós-ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida: uma experiência metodológica**. Uberlândia, UFU, MG, MORA, 2015.

VOORDT, Theo J. M. Van Der; WEGEN, Herman B. R. Van. **Arquitetura sob o olhar do usuário: programa de necessidades, projeto e avaliação de edificações**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

WANG, D. Simulation Research. In: GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. Second Edition. [e-book]: New York: John Wiley & Sons, 2013.

WANG, Q. H.; LI, J. R. A Desktop VR Prototype for Industrial Training Applications. **Journal Virtual Reality**, v.7, p. 187-197, 2004.

WENDT, Guilherme Welter. Tecnologias de interface humano-computacional: realidade virtual e novos caminhos para pesquisa. **Revista de Psiquiatria Clínica**, São Paulo, v.38 (5), p. 211-2, 2011.

Marcio Presente de Souza
marciopresente@gmail.com

César Imai
cimai@uel.br

Maurício Hidemi Azuma
mhazuma@uem.br

