



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

AMBIENTE DE IMERSÃO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO À PERCEPÇÃO DO ESPAÇO VIRTUAL

PAES, Daniel Carneiro (1); ARANTES, Eduardo Marques (2)

(1) UFMG, danielcpaes@gmail.com, (2) UFMG, (31) 3409 1956, arantes@demc.ufmg.br

RESUMO

Este artigo tem o objetivo de apresentar a pesquisa de mestrado em desenvolvimento referente à avaliação da capacidade de um Ambiente de Imersão em oferecer melhor percepção sobre um ambiente virtual, sabendo-se que este fator contribui para o desenvolvimento de soluções mais integradas no processo de projeto. O método adotado define-se como qualitativo e exploratório e procura comparar o nível de percepção sobre o ambiente entre duas situações: utilizando-se Realidade Virtual não Imersiva (RVnI) e Realidade Virtual Imersiva (RVI). A tecnologia utilizada na pesquisa para o caso do ambiente de Realidade Virtual não Imersiva é constituída de uma estação de trabalho convencional. Para o caso do ambiente de Realidade Virtual Imersiva foi utilizado o Ambiente de Imersão da Escola de Arquitetura e Design da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), denominado AIVITS. O procedimento de coleta de dados se baseou na submissão de Questionários de Verificação de Percepção. Espera-se que a partir da comparação entre as respostas coletadas, seja possível identificar as diferenças de percepção entre os modelos virtuais e suas relações com os diferentes perfis de participantes. Defende-se a hipótese de que o Ambiente de Imersão favorece uma melhor percepção do ambiente virtual em relação ao ambiente não imersivo, ainda que exista uma variação desse nível de percepção em função do perfil do usuário. Este artigo apresenta resultados parciais da comparação entre os níveis de percepção oferecidos por cada uma das tecnologias e conclui que o Ambiente de Imersão oferece melhor percepção do ambiente virtual.

Palavras-chave: realidade virtual, ambientes de imersão, processo de concepção, percepção.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present the ongoing master degree research related to the verification of the capacity of an Immersive Environment to provide better perception of a virtual environment, knowing that this factor contributes to the development of more integrated solutions in the design process. The used method is defined as qualitative and exploratory. It compares the level of perception of the environment between two situations: using non-Immersive Virtual Reality (nIVR) and Immersive Virtual Reality (IVR). The technology used for non-Immersive Virtual Reality consists of a conventional workstation. For Immersive Virtual Reality it was used the Immersive Environment of the School of Architecture and Design at Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), named AIVITS. The procedure for data collection was based on the submission of Perception Verification Questionnaires. It is expected that from the comparison between the responses to the questionnaires, it will be possible to identify differences of perception between the virtual models and their relations with the different participants profiles. The defended hypothesis is that the Immersive Environment offers better perception of the virtual environment compared to the non-immersive environment, although there could be variations in this level of perception depending on the user profile. This paper presents partial results from the comparison between levels of perception offered by each technology and concludes that the Immersive Environment offers better perception of the virtual environment.

Keywords: virtual reality, immersive environments, design process, perception.

1 INTRODUÇÃO

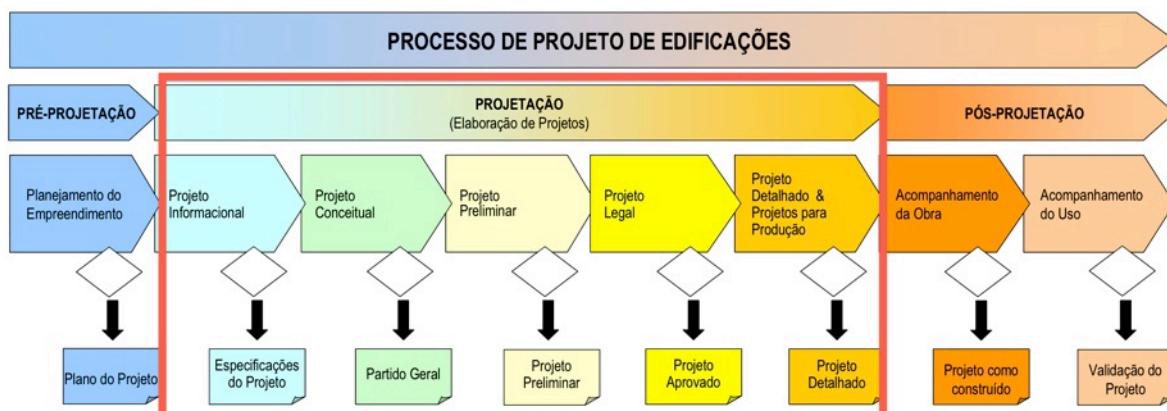
Segundo Sampaio, Henriques e Martins (2010), a representação virtual tridimensional supera o desenho bidimensional devido ao seu aspecto interativo e contribui positivamente para uma melhor compreensão da configuração espacial e estrutural do ambiente representado e para o suporte à tomada de decisões, baseadas em comparações visuais das soluções de projeto. No processo de concepção de projetos, a adoção de representações que se aproximem ao máximo da experiência existencial-espacial é de fundamental importância para que sejam projetados espaços que de fato corresponderão técnica, funcional e simbolicamente ao uso destinado (MALARD; RHODES; ROBERTS, 1997).

A escassez de estudos sobre as aplicações da Realidade Virtual – em especial da Realidade Virtual Imersiva – no processo de projeto da indústria da construção civil evidencia a necessidade de mais investigações. Faz-se necessária uma avaliação sistemática sobre as possíveis formas de contribuição dessa tecnologia para a atividade de projeção, identificando aspectos a serem trabalhados para sua adequação às demandas da indústria (MALARD; RHODES; ROBERTS, 1997; RUSCHEL; HARRIS; BERNARDI, 2011).

Nesse contexto, esta pesquisa se ocupa em investigar a capacidade do Ambiente de Imersão Virtual de Tecnologia Simplificada (AIVITS) da Escola de Arquitetura e Design da UFMG em oferecer melhor compreensão sobre representações virtuais tridimensionais. Tal compreensão/percepção é necessária ao longo de todo o processo de concepção de projetos de edifícios, mais especificamente, nos momentos de realização da análise crítica distribuídos ao longo da projeção (ROMANO, 2006; SILVA; NOVAES, 2008), quando os projetistas submetem seus projetos à própria avaliação e à de terceiros através de representações computacionais.

A Figura 1 reproduz o gráfico das fases do processo de projeto de edificações de autoria de Romano (2006) e apresenta sequencialmente cada uma das etapas de elaboração do projeto, contidas na macrofase da projeção. Nesta figura é assinalada (em contorno vermelho) a macrofase à qual se aplica esta pesquisa. Segundo a autora, ao final de cada etapa acontece uma avaliação do resultado obtido (análise crítica do projeto em andamento) que autoriza a passagem para a fase seguinte.

Figura 1 – A projeção no processo de projeto de edificações.



Fonte: Adaptado de Romano (2006).

2 FUNDAMENTAÇÃO

2.1 O processo de concepção

A projeção do espaço é fruto do pensamento construído através de representações. Representação arquitetônica (como ato de investigação) significa produzir conhecimento, um processo cognitivo. Representação é o “desenho” como linguagem de mediação de conhecimento no processo de projeto que, de forma dinâmica, estabelece relações, testa e experimenta (LACOMBE, 2007). No processo de concepção de um edifício, ele não é projetado, mas “conhecido”. Processo este, que envolve etapas com níveis diferentes de detalhamento sobre a descrição do objeto: do escopo ao projeto executivo, por exemplo. O processo de projeto de um edifício é, portanto, o ato de se aprofundar no conhecimento desse objeto, identificando, caracterizando e representando seus componentes (ALVARENGA, 2003; FLORIO, 2011; MALARD, 2004).

No entanto, o pensamento dedicado ao ato da concepção não deveria se submeter às limitações dos códigos do desenho arquitetônico bidimensional, pois esse não é capaz de conter toda a complexidade da arquitetura como também as possibilidades de soluções (LACOMBE, 2007). Ademais, Souza, Amorim e Lyrio (2009) afirmam que a representação tridimensional é capaz de não restringir a compreensão do projeto apenas àqueles que conhecem as simbologias do desenho arquitetônico.

2.2 A Realidade Virtual

De acordo com Zevi (1978), a percepção do espaço arquitetônico não se esgota nas três dimensões, sendo a variável tempo responsável pela existência de uma quarta dimensão, que surge pelo deslocamento do observador ao ocupar sucessivos e diferentes pontos de vista. Nesse sentido, a realidade virtual (RV) é uma tecnologia que permite ao usuário explorar e manipular ambientes virtuais tridimensionais em tempo real (SAMPAIO; HENRIQUES; MARTINS, 2010). Para Adams (1995), a realidade virtual é uma simulação espaço-temporal, ou “quadrimensional”: uma animação tridimensional apresentada em um contexto interativo, em tempo real.

Segundo Steuer (1992), o conceito de realidade virtual é frequentemente reduzido à ideia de um conjunto de equipamentos, dispositivos e hardwares, não se considerando o caráter “experimental” da tecnologia. O autor parte do conceito de “presença” para formular uma definição mais precisa sobre realidade virtual. Segundo ele, a presença pode ser considerada a “percepção do ambiente mediada por processos mentais”. O termo “telepresença” será utilizado para descrever tal percepção quando auxiliada por uma tecnologia de comunicação (mídia): telepresença é a experiência de presença em um ambiente através de um meio de comunicação. Por conseguinte, realidade virtual seria “toda e qualquer experiência de telepresença”. Tal definição transfere o termo realidade virtual da ideia de um conjunto específico de hardware para a ideia de percepções de um indivíduo (STEUER, 1992).

2.3 A Realidade Virtual Imersiva e os Ambientes de Imersão

A natureza da experiência humana em ambientes virtuais se relaciona com a definição de presença do indivíduo nesses espaços. Quando um modelo tridimensional é apresentado em um monitor convencional a visão binocular humana – capaz de identificar profundidades – informa que o objeto visualizado se trata de uma imagem plana. A noção de profundidade ocorre quando no espaço tridimensional os objetos aparecem e desaparecem atrás uns dos outros ao movimento do observador. A projeção de imagens estereoscópicas sobre grandes telas panorâmicas é capaz de produzir a

ilusão de superfícies em profundidade em um modelo tridimensional. Perceber a si mesmo inserido no ambiente é a raiz da sensação ou senso de presença em ambientes de imersão (WANN; MON-WILLIAMS, 1996).

A diferença mais evidente entre a forma imersiva da realidade virtual e as formas não imersivas é exatamente o grau de imersão oferecido pelo funcionamento concomitante de softwares e hardwares em cada uma das plataformas. Por sua vez, o grau de imersão pode ser determinado pela intensidade da sensação de imersão ou senso de presença em um ambiente de realidade virtual. Nesse contexto, pelo uso de aplicativos e equipamentos sofisticados, as plataformas de realidade virtual imersiva (Ambientes de Imersão ou, do inglês, *Immersive Environments*) são capazes de oferecer ao usuário simulações mais fiéis à sua experiência no mundo físico, mais intensas em termos de sensação de imersão. Em suma, a realidade virtual, por definição, considera a sensação de presença, ao passo que a realidade virtual imersiva procura intensificar esta sensação, incrementando a experiência espaço-temporal do usuário (BERTOL, 1997; FREITAS; RUSCHEL, 2010; MALARD, 2004).

Sistemas imersivos de realidade virtual baseados em projeções (*projection-based systems*), como a CAVE™ (*Cave Automatic Virtual Environment*), permitem que o usuário participe diretamente na cena gerada por computador, através de uma experiência completamente imersiva, com exploração do ambiente pelo movimento da cabeça, navegação pelo caminhar e manipulação dos objetos virtuais por gestos das mãos e dedos (CRUZ-NEIRA, 1996). As CAVEs ainda são sistemas de custo muito elevado e portanto, restritos a poucos grupos de pesquisa ou segmentos industriais. Poucos anos após o surgimento da primeira CAVE, ambientes de imersão de baixo custo ou de tecnologia simplificada começaram a ser desenvolvidos. Esses sistemas empregam tecnologias e componentes de hardware de menor custo e já disponíveis no mercado e exigem habilidades computacionais menos avançadas para serem operados, tornando-se acessíveis a uma variedade maior de usuários (KALISPERIS et al., 2002).

3 MÉTODO

O método de pesquisa adotado neste trabalho define-se como qualitativo e exploratório. Procura realizar uma comparação qualitativa do nível de percepção sobre o objeto representado virtualmente entre duas situações: utilizando-se infraestrutura para Realidade Virtual não Imersiva (RVnI) e para Realidade Virtual Imersiva (RVI).

A tecnologia utilizada na pesquisa para o caso do ambiente de Realidade Virtual não Imersiva é constituída de uma estação de trabalho convencional composta por um computador de alto desempenho, monitor LCD, teclado e mouse. Para o caso do ambiente de Realidade Virtual Imersiva foi utilizado o AIVITS, Ambiente de Imersão Virtual de Tecnologia Simplificada da Escola de Arquitetura e Design da UFMG, composto pelo mesmo computador de alto desempenho citado anteriormente, três módulos de projeção idênticos equipados com um projetor estereoscópico e um espelho cada, uma grande tela panorâmica de tecido sintético com dimensões de 1,70m de altura por 6,81m de largura, óculos de estereoscopia passiva (filtro simples), teclado e mouse. Os aspectos técnicos referentes aos softwares, hardwares e demais equipamentos do AIVITS se basearam nas configurações do Laboratório de Ambientes de Imersão (*Immersive Environments Lab*) da Universidade Estadual da Pensilvânia, nos Estados Unidos (KALISPERIS et al., 2002).

O procedimento de coleta de dados se baseou na submissão dos Questionários de Verificação de Percepção (QVP) e do Questionário de Caracterização do Perfil do

Participante (QCPP), ambos baseados sobre aqueles desenvolvidos e utilizados por Oliveira (2003) e Fracaroli (2006).

O procedimento experimental foi realizado nas seguintes etapas:

1. Definição do ambiente de estudo;
2. Desenvolvimento das maquetes/ambientes virtuais;
3. Elaboração dos questionários (QCPP e QVPs);
4. Ensaio do experimento;
5. Definição e caracterização dos participantes, utilizando-se o QCPP;
6. Apresentação da animação a cada um dos participantes em RV não Imersiva e aplicação concomitante do QVP RVnI;
7. Apresentação da animação a cada um dos participantes em RVI e aplicação concomitante do QVP RVI;
8. Visita do participante ao ambiente físico e aplicação concomitante do QVP AF;
9. Análise dos dados coletados.

Na primeira etapa, estabeleceu-se como ambiente de estudo o hall de acesso do edifício da EAD-UFMG. Na etapa 2, os alunos bolsistas de extensão universitária do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da mesma universidade confeccionaram as maquetes virtuais para cada plataforma, RV não Imersiva e RVI. A partir de desenhos técnicos do projeto de reforma do edifício foi elaborada uma maquete virtual do ambiente utilizando-se o software Sketch Up Pro (versão 8.0.3117), para os testes com RV não Imersiva. A maquete foi então exportada em extensão .3ds e importada por outro software, o Unity (versão 4.0.1F2). Neste software foi possível criar uma maquete em formato estereoscópico que serviria posteriormente para os teste com RVI. Optou-se neste trabalho pelo desenvolvimento de animações do tipo exploratória e simplificada. A realidade virtual exploratória é aquela em que o usuário pode explorar o ambiente virtual definindo seu próprio percurso, detendo-se nos pontos que desejar e focalizando a cena que lhe convier. O termo “simplificada” diz respeito ao grau de realismo da animação, que neste caso não possui recursos de *rendering* como luz, sombra e texturas em relevo. Tem-se portanto a criação de dois ambientes de realidade virtual:

1. Ambiente de Realidade Virtual não Imersiva Exploratória Simplificada (estaçao de trabalho convencional);
2. Ambiente de Realidade Virtual Imersiva Exploratória Simplificada (AIVITS).

Na etapa 3 foram elaborados os questionários de Caracterização do Perfil do Participante (QCPP) e de Verificação de Percepção (QVP). Neste trabalho, os QVPs são compostos apenas por perguntas objetivas que tiveram como base os aspectos físicos do ambiente em estudo (dimensões, formas, disposição no espaço, etc.), num total de sete questões que se repetem em cada um dos três QVPs (RVnI, RVI e AF). Evitou-se a inclusão de questões subjetivas aos QVPs após a constatação na bibliografia de que este tipo de questão poderia conduzir a dados de baixa relevância ou a conclusões inconsistentes, no presente trabalho especificamente. A ordem das questões entre os três QVPs foi alterada com o objetivo de se evitar que o participante, enquanto respondia ao QVP no segundo ou terceiro ambiente, se lembrasse da resposta que havia dado no QVP anterior. Em suma, o conteúdo dos QVPs é o mesmo nas três situações, variando-se apenas a ordem de suas questões. Para exemplificar o caráter e a estrutura das questões

e das alternativas de respostas dos QVPs, uma delas é reproduzida a seguir: “A distância máxima entre o piso e o teto do ambiente é de: a) até 4 metros; b) até 6 metros; c) até 8 metros; d) até 10 metros; e) até 12 metros; f) não consigo avaliar”.

Os critérios definidos para a composição da amostra dessa pesquisa foram: idade mínima de 18 anos e nível mínimo de escolaridade igual ou superior a 1º grau completo. Procurou-se convidar determinados perfis de participantes, tais como: profissionais da construção civil (arquitetos e engenheiros), engenheiros de outras áreas envolvidos com atividades de projeto, estudantes de arquitetura ou engenharias e leigos.

As etapas 5, 6, 7 e 8 dizem respeito aos procedimentos de coleta de dados e foram realizadas no Laboratório Radamés e no hall de acesso do edifício da EAD-UFMG, nesta ordem, com cada um dos participantes. Após breve treinamento sobre como utilizar o mouse e o teclado para exploração dos ambientes virtuais, o participante foi apresentado às duas animações – primeiro à animação não imersiva, depois à animação imersiva. O participante explorava cada um dos ambientes virtuais até que respondesse a todas as questões do QVP (RVnI e RVI). O tempo utilizado nestas tarefas foi registrado. Da mesma forma, cada participante visitava o ambiente físico e respondia ao QVP AF, com registro do tempo novamente. A Figura 2 apresenta momentos do procedimento de coleta de dados enquanto um participante assistia à animação em realidade virtual não imersiva (à esquerda) e em seguida à animação em realidade virtual imersiva (à direita) com o uso dos óculos de estereoscopia passiva.

Figura 2 – Participante assistindo à animação em RVnI (esq.) e em RVI (dir.).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na etapa 9 – em andamento – é realizada a comparação entre as respostas obtidas sobre a percepção dos ambientes virtuais, com as respostas obtidas sobre a percepção do ambiente físico. Não se espera que o participante seja preciso na percepção do ambiente físico, ou seja, que ele consiga por exemplo, dizer qual é a verdadeira altura do pé-direito (primeira questão do QVP). O objetivo é comparar o que ele percebe sobre o pé-direito ao visitar o ambiente físico com o que ele percebe sobre o pé-direito ao visitar os ambientes virtuais.

Essa comparação foi realizada da seguinte forma: a resposta a uma determinada questão do QVP aplicado em um dos ambientes virtuais (RVnI ou RVI) foi comparada com a resposta à mesma questão quando aplicada na visita ao ambiente físico (AF), através de uma escala de valores numéricos atribuídos a cada uma das possíveis respostas de cada questão, apresentada no Quadro 1 (FRACAROLI, 2006).

Quadro 1 – Escala de valores numéricos das respostas das questões do QVP.

Resposta	Valor numérico
a)	1
b)	2
c)	3
d)	4
e)	5
f)	sem valor

Fonte: Elaborado pelos autores.

Subtraindo-se o valor numérico da resposta à uma determinada questão aplicada na visita ao ambiente virtual do valor numérico da resposta à mesma questão aplicada na visita ao ambiente físico, obtém-se o nível de semelhança entre as percepções nas diferentes situações, como apresentado no Quadro 2, doravante denominado Índice de Manutenção da Percepção – IMP (OLIVEIRA, 2003). Quanto mais próximo de zero for o IMP, maior é o nível de semelhança entre as percepções. Considera-se que a tecnologia de realidade virtual – RV não Imersiva ou RVI – que obtiver um número maior de resultados mais próximos de zero ou nulos, é aquela que oferece a percepção sobre o ambiente virtual mais semelhante à percepção sobre o mesmo ambiente em seu formato físico. Em outras palavras, é a tecnologia que oferece a experiência mais próxima da experiência “real”.

Quadro 2 – Exemplo de cálculo do Índice de Manutenção da Percepção (IMP).

Questão do QVP	Participante n° X		Diferença (AV) – (AF)	IMP (módulo da diferença)		
	Valor numérico da resposta escolhida					
	Ambiente Virtual (AV)	Ambiente Físico (AF)				
1	2	5	$2 - 5 = - 3$	3		
2	4	3	$4 - 3 = 1$	1		
3	3	1	$3 - 1 = 2$	2		
4	5	5	$5 - 5 = 0$	0		
5	1	2	$1 - 2 = - 1$	1		

Fonte: Elaborado pelos autores.

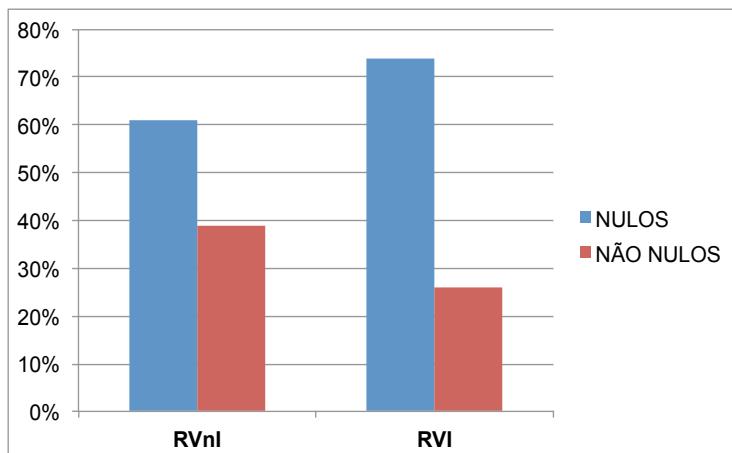
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise inicial dos dados demonstra ganhos significativos na percepção do ambiente virtual com o uso do Ambiente de Imersão (RVI). Verificou-se que para 53% do total de participantes até o momento de submissão deste artigo, a RVI proporcionou melhor percepção do ambiente virtual em relação à RVnI (estaçao de trabalho convencional). Para 37% dos participantes ocorreu o contrário: a RVnI proporcionou melhor percepção do ambiente virtual. Para 10% dos participantes as duas tecnologias ofereceram a mesma qualidade de percepção sobre o ambiente virtual. Uma análise inicial mostra que o perfil dos participantes em cada um destes três grupos é bastante similar, não havendo discrepâncias significativas em relação à idade, sexo, nível de escolaridade e até mesmo

profissão entre estes grupos. Até o momento de submissão deste artigo, a pesquisa contou com a participação de 19 pessoas, entre profissionais da construção civil (arquitetos e engenheiros), engenheiros de outras áreas envolvidos com atividades de projeto, estudantes de arquitetura ou engenharia civil e leigos.

Como discutido anteriormente, cada uma das sete questões é respondida em três situações (RVnI, RVI e AF). São obtidos sete IMPs referentes à comparação RVnI x AF e outros sete referentes à comparação RVI x AF, por participante. Dentre todos os Índices de Manutenção da Percepção analisados para a relação RVnI x AF (7 IMPs x 19 participantes) 61% foram iguais a zero (nulos), sendo 39% diferentes de zero (não nulos). Para a relação RVI x AF, 74% foram nulos e 26% não nulos. A diferença das porcentagens de IMPs nulos entre as duas tecnologias (RVI e RVnI), é de 13% (74% - 61% = 13%), como mostra a Figura 3 a seguir. Realizando-se o teste de proporção entre as duas amostras de IMPs nulos e não nulos (61% / 39% para RVnI e 74% / 26% para RVI) é possível afirmar, com 95% de confiança (significância de 0,05), que a diferença de 13% é significativa ($p.\text{valor} = 0,036$).

Figura 3 – Gráfico comparativo dos IMPs nulos e não nulos entre RVnI e RVI.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONCLUSÕES

A diferença significativa de IMPs nulos entre as duas tecnologias é suficiente para se concluir que utilizando-se o Ambiente de Imersão (Realidade Virtual Imersiva), obtém-se uma melhor percepção do ambiente virtual em comparação com a percepção obtida com o uso de uma estação de trabalho convencional (Realidade Virtual não Imersiva).

O Ambiente de Imersão pode contribuir para a otimização do processo de projeto, dependendo do nível de conhecimento dos profissionais envolvidos e da forma de introdução dessa tecnologia no processo. A imersão permite ao projetista perceber e experimentar relações formais e espaciais do edifício impossíveis de serem verificadas através da realidade virtual não imersiva. Este fator contribui para o desenvolvimento de soluções de projeto melhores e mais integradas, pois contribui para um conhecimento maior ou mais “verdadeiro” do edifício sob projetação, por todos os agentes envolvidos.

Este trabalho limitou-se em avaliar a capacidade de um ambiente de imersão em auxiliar a percepção dos usuários sobre um ambiente virtual. Sugere-se que estudos futuros nesta área procedam à investigação sobre a introdução de ambientes de imersão no processo de concepção de projetos de edifícios. O potencial de comunicação e

integração de conhecimentos dessa tecnologia requisita a revisão dos modelos tradicionais de gestão do processo de projeto em vigência na indústria da construção civil.

O procedimento de coleta e análise dos dados dessa pesquisa ainda está em andamento. Procura-se aumentar o número de participantes da amostra bem como estabelecer outros cruzamentos de dados a fim de extrair-lhes informações mais consistentes que sustentem as conclusões iniciais, ou ainda, que alterem a percepção sobre o que foi observado até o momento neste experimento.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Departamento de Projetos da Escola de Arquitetura e Design da UFMG: José dos Santos Cabral Filho, Ana Paula Baltazar dos Santos, Cristiano Cezarino e Mateus Pontes. Aos alunos bolsistas do Projeto AIVITS. À professora Regina Coeli Ruschel da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Ao corpo docente do PPGCC da Escola de Engenharia da UFMG. Ao CNPq e à CAPES, pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, L. **Visualização e Realidade Virtual**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- ALVARENGA, L. Representação do conhecimento na perspectiva da ciência da informação em tempo e espaço digitais. **Encontros Bibli – Revista Eletrônica de Ciência da Informação**, n. 15, Florianópolis, 2003.
- BERTOL, D. **Designing Digital Space: An Architect's Guide To Virtual Reality**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- CRUZ-NEIRA, C. **Immersed in science and engineering: Projection technology for high-performance virtual reality environments**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL REALITY AND TELEXISTENCE (ICAT), 1996. p. 77-81.
- FLORIO, W. Análise do processo de projeto sob a teoria cognitiva: sete dificuldades no atelier. **Arquiteturarevista**, v. 7, n. 2, p. 161-171, São Leopoldo, jul./dez. 2011.
- FRACAROLI, F. **Um estudo de percepção em ambiente simulado com realidade virtual exploratória**. 2006. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FREITAS, M., RUSCHEL, R. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. **Arquiteturarevista**, v. 6, n. 2, p. 127-135, São Leopoldo, jul./dez. 2010.
- KALISPERIS, L., OTTO, G., MURAMOTO, K., GUNDRUM, J., MASTERS, R., ORLAND, B. **An Affordable Immersive Environment in Beginning Design Studio Education**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE (ACADIA), 2002, Pomona, CA. Anais... Pomona, 2002. p. 47-54.
- LACOMBE, O. O projeto como descoberta. **Vitruvius**, jun. 2007. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.085/239>>. Acesso em: 19 out. 2013.
- MALARD, M. L., RHODES, P. J., ROBERTS, S. E. O Processo de Projeto e o Computador: realidades que interagem virtualmente. **Revista de Arquitetura e Urbanismo**, v. 1, n. 1, p. 25-37, Florianópolis, 1997.
- MALARD, M. L. A lógica do pensamento arquitetônico. **EVA – Estúdio Virtual de Arquitetura**, 2004. Disponível em: <<http://www.arq.ufmg.br/eva/textos.htm>>. Acesso em: 29 out. 2013.

- OLIVEIRA, A. A. S. **Utilização da Animação Computacional na Verificação do Programa Arquitetônico de Necessidades**. 2003. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ROMANO, F. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 1, p. 23-46, nov. 2006.
- RUSCHEL, R., HARRIS, A., BERNARDI, N. Tecnologia e multidisciplinaridade inovando o ensino de arquitetura e engenharia. **Revista FAAC**, v. 1, n. 1, p. 21-34, Bauru, mar./set. 2011.
- SAMPAIO, A. Z., HENRIQUES, P. G., MARTINS, O. P. Virtual Reality Technology Used in Civil Engineering. **The Open Virtual Reality Journal**, v. 2, p. 18-25, 2010.
- SILVA, M., NOVAES, C. A coordenação de projetos de edificações: estudos de caso. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 3, n. 1, p. 44-78, maio 2008.
- SOUZA, L., AMORIM, S., LYRIO, A. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, p. 26-53, nov. 2009.
- STEUER, J. Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. **Journal of Communication**, v. 42, n. 4, p. 73-93, 1992.
- WANN, J., MON-WILLIAMS, M. What does virtual reality NEED?: human factors issues in the design of three-dimensional computer environments. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 44, n. 6, p. 829-847, 1996.
- ZEVI, B. **Saber ver a arquitetura**. Trad. Maria Isabel Gaspar e Gaëtan Martins de Oliveira. São Paulo: Martins Fontes, 1978.